COMPTES RENDUS

DES SÉANCES

DE L'ACADÉMIE DES SCIENCES.

SÉANCE DU LUNDI 5 DÉCEMBRE 1887.

PRÉSIDENCE DE M. JANSSEN.

MÉMOIRES ET COMMUNICATIONS

DES MEMBRES ET DES CORRESPONDANTS DE L'ACADÉMIE.

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Sur ce qu'on nomme le poids et la précision d'une observation;* par M. J. Bertrand.

« Les observateurs caractérisent le mérite d'une observation et définissent la confiance qu'elle inspire, tantôt par le poids, tantôt par la précision du résultat. Le poids d'une observation est k, lorsque, dans l'appréciation des résultats, quelle que soit la méthode adoptée, l'observation équivaut à k des observations dont le poids est pris pour unité.

» La précision d'une observation est h, lorsque la probabilité d'une erreur comprise entre x et $x + dx$ est la même que celle de l'erreur comprise entre hx et $h(x + dx)$ dans le système d'observation dont la précision est l'unité.

» Ces définitions, on l'aperçoit immédiatement, ne sont applicables qu'à certaines lois d'erreur. Rien n'autorise à affirmer, *a priori*, que la qualité des observations peut se remplacer par leur nombre. Lors même que l'on admet, ce qui est démontré, l'accroissement avec le nombre des observations de la confiance méritée par la moyenne, cette moyenne n'est pas pour cela assimilable à celle d'observations moins nombreuses faites dans de meilleures conditions. Lors même que, par une évaluation générale, quel qu'en soit le principe, on serait conduit à dire : tel résultat, tout compensé, vaut autant que tel autre, il n'en résulterait pas que tous deux donnassent pour une même erreur, grande ou petite, une même probabilité.

» La précision donne lieu à la même remarque. Si un instrument donne, pour une erreur inférieure à 10^s, la même probabilité qu'un autre pour une erreur inférieure à 20^s, il n'en résulte pas que, nécessairement, la probabilité d'une erreur inférieure à 20^s pour le premier soit égale à celle d'une erreur inférieure à 40^s pour le second.

» Que devient alors la définition de la précision?

» Il est intéressant de chercher quelles sont les lois de probabilités d'erreur, pour lesquelles chaque observation a un poids et une précision tous deux déterminés numériquement et rigoureusement mesurables.

» La probabilité d'une erreur comprise entre z et $z + dz$ étant pour un système d'observation $\varphi(z)\,dz$, et pour un autre système $\psi(z)\,dz$, les observations du premier système ayant un poids égal à l'unité, pour que celles du second aient un poids égal à k, il faut et il suffit que le rapport

$$\frac{\varphi(z)^k}{\psi(z)}$$

soit constant. La démonstration est facile.

» La précision du second système sera h, celle du premier étant prise pour unité, si le rapport

$$\frac{\varphi(hz)}{\psi(z)}$$

est constant.

» Pour que l'un des systèmes d'observation déterminant le choix des unités, l'autre donne aux résultats un poids k et une précision h, il faut que, h et k désignant des constantes, le rapport

$$\frac{\varphi(hz)}{\varphi(z)^k}$$

soit indépendant de z.

» De la relation

$$\varphi(hz) = G\varphi(z)^k$$

on déduit

$$\varphi(z) = G\varphi\left(\frac{z}{h}\right)^k,$$

$$\varphi\left(\frac{z}{h}\right) = G\varphi\left(\frac{z}{h^2}\right)^k,$$

$$\dots\dots\dots\dots\dots\dots,$$

$$\varphi\left(\frac{z}{h^n}\right) = G\varphi\left(\frac{z}{h^{n+1}}\right)^k;$$

multiplions ces équations, en élevant la seconde à la puissance k, la troisième à la puissance k^2, la $(n+1)^{\text{ième}}$ à la puissance k^n : nous obtiendrons

$$(1) \qquad \varphi(z) = G^{\frac{k^{n+1}-1}{k-1}} \varphi\left(\frac{z}{h^{n+1}}\right)^{k^{n+1}};$$

$\varphi(0)$ n'est pas nul, il est au contraire le maximum de $\varphi(z)$ et il est aisé de voir que $G\varphi(0)$ doit être égal à l'unité, sans quoi $\varphi(z)$ serait nul ou infini.

» $\frac{z}{h^{n+1}}$ étant infiniment petit, on peut développer $\varphi\left(\frac{z}{h^{n+1}}\right)$ par le théorème de Taylor. Ces termes de degré impair sont nuls s'il n'y a pas d'erreurs constantes et l'on peut écrire, en réduisant la série à ses deux premiers termes,

$$G\varphi\left(\frac{z}{h^{n+1}}\right) = 1 + \beta\left(\frac{z^{2\mu}}{h^{2(n+1)\mu}}\right),$$

β étant une constante et 2μ un exposant pair qui dépend de la forme de la fonction, mais qui, en général, sera égal à 2.

» L'équation (1) donne alors

$$(2) \qquad \varphi(z) = \left(1 + \frac{\beta z^{2\mu}}{h^{2(n+1)\mu}}\right)^{k^{n+1}} G^{\frac{1}{k-1}},$$

qui équivaut, n étant supposé infini, à

$$(3) \qquad \varphi(z) = G^{\frac{1}{k-1}} e^{\beta z^{2\mu} \frac{k^{(n+1)}}{h^{2(n+1)\mu}}};$$

pour que cette expression ne soit ni nulle ni infinie et pour qu'elle devienne nulle pour z infini, il faut que $\frac{k}{h^{2\mu}}$ soit égal à l'unité et que β soit négatif.

» $\varphi(z)$ doit donc enfin être de la forme

$$(4) \qquad \varphi(z) = \mathrm{A}e^{-m^2 z^{2\mu}}.$$

» Si la seconde dérivée de $\varphi(z)$, pour $z = 0$, n'est pas nulle, on aura $\mu = 1$ et la loi est celle proposée par Gauss.

» En dehors de la formule (4), aucune loi ne permet d'attacher aux mots *poids* et *précision* un sens rigoureux et précis. Si l'on suppose $\mu = 1$, ce qui est, comme on sait, la seule loi pour laquelle la moyenne de n mesures soit la valeur la plus probable, la condition $\frac{k}{h^2} = 1$ montre que le poids est égal au carré de la précision. »

CALCUL DES PROBABILITÉS. — *Lettre à M.* Bertrand, *à propos de sa précédente Note « Sur un théorème relatif aux erreurs d'observation »*; par M. Faye.

« Paris, le 4 décembre 1887.

» En lisant l'énoncé de votre très curieux théorème de probabilités, dans les derniers *Comptes rendus,* j'ai fait la remarque suivante :

» Si l'on considère toutes les combinaisons deux à deux des erreurs, les rapports des sommes correspondantes aux plus grandes et aux plus petites de ces erreurs sont compris entre les limites 1 et 3,915, infiniment peu probables par elles-mêmes, mais dont la moyenne 2,457 diffère peu du nombre 2,414 relatif à votre tirage au sort. »

MÉTÉOROLOGIE. — *Réponse à M.* Mascart, *à propos de la déviation des vents sur les Cartes synoptiques;* par M. Faye.

« Préoccupé, dans ces derniers temps, de répondre aux auteurs qui s'efforcent de produire artificiellement des trombes ascendantes, ou qui ont vu des tornados, par la force de leur aspiration, déboucher des bouteilles dans les caves, faire sauter, comme par un fourneau de mine, des maisons trop bien closes ou des vaisseaux dont les écoutilles sont bien fermées, pomper jusqu'aux nues l'eau des étangs ou des mers avec les poissons ou même des oiseaux, etc., toutes choses qui impriment un aspect si singulier à une branche importante de la Météorologie, je n'avais pas donné à l'objection de MM. les Directeurs des observatoires centraux de Berlin et de

Paris toute l'attention qu'elle mérite. Et, puisque mes premières explications ont peu satisfait notre éminent Confrère M. Mascart, je chercherai à les compléter ici.

» On a vu, par ma Note du 28 novembre, que, d'après ma théorie, cette déviation des flèches du vent est purement localisée dans les dernières spires et n'entame pas l'édifice tourbillonnaire. Elle est due uniquement à la résistance que le sol oppose aux dernières girations descendantes des cyclones, au moment où elles viennent le frapper obliquement. D'après cela, cette déviation doit être plus faible en pleine mer, à cause de la mobilité de l'eau, et bien plus faible encore en *plein air*.

» C'est justement ce que nous montrent les Cartes synoptiques. La déviation, qui s'élève à 29° en moyenne sur le continent européen, et même à 47° sur le sol des États-Unis, tombe subitement à 10° ou 12°, et même moins, sur les stations des côtes, là où la mer occupe une partie de l'horizon. Les météorologistes en concluent, comme moi, que cette déviation est due à la résistance du sol; qu'elle doit être bien plus petite que 10° en pleine mer et plus faible encore à quelque hauteur au-dessus du sol. M. Mascart le nie. Voici des citations qui ne laissent rien d'indécis à ce sujet :

» Les déterminations de M. Cl. Ley, dit le Dr Sprung [1], si importantes à cause de leur comparabilité mutuelle, montrent de la manière la plus nette que la résistance du sol est bien moindre aux stations des côtes qu'à l'intérieur des terres.

» D'après la petitesse de la valeur que M. Cl. Ley applique à cette déviation sur les côtes, dit à son tour M. W. Ferrel [2], nous devons conclure qu'à la mer, et pareillement dans les régions plus élevées de l'air, cet angle est considérablement plus petit, en sorte que la sécante peut être remplacée par l'unité.

» Voilà des faits et des conclusions indiscutables; ce n'est pas ma théorie qui, comme le croit M. Mascart, est en contradiction avec ces faits : c'est la théorie régnante. D'après celle-ci, le mouvement centripète de l'air doit entraîner une énorme masse d'air sans cesse renouvelée vers le pied du cyclone. Ce mouvement centripète, à peine altéré par la si lente rotation du sol autour de la verticale du centre, est en effet le trait saillant dans cette théorie : c'est lui qui seul alimente le cyclone et lui donne la vie, pour ainsi dire. Au lieu de cela, que voyons-nous? On trouve bien, sur les

---

(1) *Lehrbuch der Meteorologie*, p. 121.
(2) *Professional Papers of the Signal Office*, n° XII, p. 43.

Cartes synoptiques, un rudiment de mouvement centripète, indiqué par une simple déviation de 29°, mais ce rudiment ne se manifeste que là où le mouvement de l'air est gêné. Là où ce mouvement est moins entravé (sur les côtes), cette tendance centripète, au lieu de s'accuser mieux, diminue brusquement des deux tiers. Là enfin où l'air a libre carrière pour affluer vers le centre, cette tendance centripète disparaît : quelle étonnante théorie!

» Si, au lieu de considérer ce qui se passe en un même lieu du globe, nous examinons comment se comportent ces phénomènes aux diverses latitudes, nous rencontrons les mêmes contradictions. Cette déviation centripète devrait aller en augmentant vers l'équateur, là où la rotation du sol cesse d'influer sensiblement sur le phénomène tel que les météorologistes le comprennent. A 10° de latitude, par exemple, l'air devrait marcher presque en ligne droite vers le prétendu centre d'aspiration. Eh bien, c'est au contraire là que le mouvement giratoire est le plus accusé! Je plains sincèrement les savants qui se croient forcés d'étudier les faits à la lumière de théories pareilles.

» Si l'on m'a opposé l'objection que je réfute en ce moment à l'aide des faits mêmes qu'on voudrait tourner contre mes idées, c'est que ce qui saute tout d'abord aux yeux quand on regarde les Cartes synoptiques, ce sont justement ces déviations continentales de 29° en Europe, de 47° en Amérique. *On ne remarque pas que ces mêmes déviations se réduisent à quelques degrés sur les côtes.* Heureusement, M. Cl. Ley a eu l'idée de les étudier; il les a cherchées sur les Cartes, et par ainsi chacun est à même d'apprécier la raison de ces déviations si fortes à l'intérieur des terres, si faibles près de la mer.

» Entrons maintenant, pour achever à ce point de vue la comparaison des deux théories, dans des détails qui, pour ne pas sauter aux yeux à l'aspect des Cartes synoptiques, n'en existent pas moins inscrites sur elles en caractères bien lisibles. Un cyclone a, comme les tourbillons de nos cours d'eau, deux mouvements, l'un giratoire, dont nous venons de parler, qui donnerait lieu, à lui seul, à cause de la résistance du sol, tout en bas et en bas seulement, à une déviation continentale de 29° en moyenne (Europe) sur tout son contour; l'autre de translation vers le nord-est (en Europe également, Cl. Ley). Celui-là éprouvera aussi une résistance et subira un autre genre de déviation, mais cette seconde déviation ne sera pas la même sur tout le contour du cyclone comme la précédente. Afin de simplifier, réduisons le cyclone à l'immobilité, en attribuant au sol ce mouvement de

translation, mais en sens inverse, vers le sud-ouest. Négligeons, en outre, les détails, pour ne considérer que ce qui fait le fond du phénomène dans la théorie adverse : je veux dire le mouvement centripète de l'air. A l'avant du cyclone, au nord-est, l'air marchera en vertu de l'aspiration centrale vers le sud-ouest, et l'adhésion de l'air avec le sol qui l'emporte dans ce sens augmentera cette vitesse sans y introduire de déviation. Même effet à l'arrière, sauf pour la vitesse qui sera diminuée d'autant. Ainsi, dans la théorie régnante, la déviation sera nulle à l'avant et à l'arrière, tandis que la déviation maximum se produira sur la droite et à gauche du cyclone. Dans mon système, ce sera précisément l'inverse : la déviation maximum aura lieu à l'avant, la déviation minimum aura lieu à l'arrière; sur les côtés il n'y aura rien, *du fait de la translation*.

» Cela posé, comparons ces théories aux faits. Justement M. Clément Ley a aussi étudié et mesuré les faits de cet ordre sur les Cartes synoptiques. Il a trouvé à l'avant du cyclone un maximum de déviation de 35° 11′, pour les vents de sud-est; à l'arrière, un minimum de 9° 4′ (vents de nord-ouest); à droite et à gauche, des déviations intermédiaires de 17° 48′ et de 20° 13′, uniquement dues aux vitesses de giration.

» D'après cela, je demanderai à MM. de Bezold et Mascart quelle est la vraie théorie, celle qui s'accorde avec les faits et aurait pu les faire prévoir, ou celle qui les contredit en plein et partout?

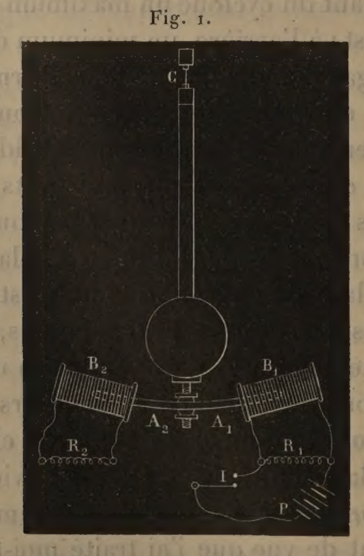
» Ces nombres répondent à nos latitudes où la vitesse de translation est considérable, et où la résistance continentale est grande. En mer, sous les tropiques, toutes ces déviations sont très faibles, à peine sensibles pour des observations qui ne sauraient s'accumuler en un même point comme sur nos Cartes. Elles ont dû échapper aux auteurs de la découverte des lois des tempêtes; aujourd'hui encore, l'étude de chaque tempête en particulier aurait bien de la peine à les mettre en évidence. Ils ont donc eu cent fois raison de considérer ces cyclones comme des girations circulaires, et c'est à ce point de vue que j'ai traité moi-même la question dans ma Notice intitulée : *Défense de la loi des tempêtes* (*Annuaire du Bureau des Longitudes* pour 1875). Je n'ai rien à changer à ce que j'ai écrit à ce sujet il y a treize ans. Depuis cette époque, les Cartes synoptiques se sont multipliées; ce ne sont pas des objections qu'elles ont apportées à ma théorie, mais d'éclatantes confirmations. »

CHRONOMÉTRIE. — *Sur la synchronisation des horloges de précision et la distribution de l'heure.* Note de M. **A. Cornu.**

« Les études théoriques et expérimentales relatives à la synchronisation des systèmes oscillants (*Comptes rendus*, t. CIV, p. 1463 et 1656) s'appliquent immédiatement aux horloges de précision et à la distribution de l'heure. Je décrirai brièvement la construction et les propriétés d'un dispositif très simple, applicable à toute espèce d'appareils oscillants et réalisant les conditions théoriques dans lesquelles le problème de la synchronisation a été résolu.

» *Dispositif général.* — On fixe transversalement à la tige du balancier à synchroniser (*fig.* 1), au-dessous (ou au-dessus) de la lentille et dans le

Fig. 1.



plan d'oscillation, un barreau aimanté $A_1 A_2$ courbé suivant une circonférence concentrique à la suspension C : deux bobines en bois ou en ébonite, couvertes de fil de cuivre isolé $B_1 B_2$, enveloppent respectivement les extrémités de ce barreau; leurs axes coïncident avec la direction moyenne de déplacement du pôle correspondant. L'une de ces bobines B_1 reçoit le courant électrique synchronisant (*liaison synchronique*) et fonctionne *par attraction* sur le pôle d'aimant qu'elle enveloppe; l'autre B_2, fermée sur une

résistance convenable R_2, produit, par l'action inductrice de l'autre pôle, l'amortissement nécessaire à la synchronisation ([1]).

» Si la longueur du barreau et celle des bobines sont suffisamment grandes relativement à l'amplitude du déplacement des pôles, les portions utilisées du champ magnétique des bobines ont une intensité sensiblement uniforme : on réalise ainsi d'une manière pratiquement rigoureuse les trois forces capables de produire la synchronisation (*loc. cit.*, p. 1464), savoir :

» 1° Force principale (composante du poids) proportionnelle à l'écart;

» 2° Force perturbatrice (amortissement) proportionnelle à la vitesse;

» 3° Force additionnelle (liaison synchronique) d'intensité périodique, indépendante de la position du système.

» *Éléments de réglage. — Courant.* — Le courant synchronisant lancé à chaque période θ par l'horloge directrice (figurée ici par le contact-distributeur I dans le circuit de la pile P) peut être réglé de plusieurs manières :

» 1° Par le nombre et la grandeur des couples de la pile;

» 2° Par la durée de l'émission du courant;

» 3° Par la dérivation R_1 reliant les extrémités des fils de la bobine B_1.

» La pile n'a pas besoin d'être très énergique : l'action électromagnétique de la bobine, étant tangentielle et s'exerçant à l'extrémité d'un long bras de levier, est très puissante; aussi reconnaît-on, dès les premiers essais, qu'un courant extrêmement faible (quelques millièmes d'ampère) suffit pour mettre en mouvement un balancier de plusieurs kilogrammes partant du repos. C'est un des avantages les plus précieux de ce dispositif : il le doit à deux particularités qu'il importe de mettre en lumière.

» L'action électromagnétique d'une bobine donnée est proportionnelle au produit de l'intensité du courant par la masse magnétique du pôle d'aimant sur lequel elle agit. On dispose donc, par le choix du barreau aimanté, d'un facteur qui permet de multiplier la force électromagnétique par un nombre considérable. Mais on dispose encore ici d'un autre facteur, la durée de l'émission du courant : en effet, le courant n'a pas besoin d'être instantané (*voir* les remarques *loc. cit.*, p. 1660 et 1664); or, dans le cas où l'amortissement est notable, cette durée peut s'étendre utilement jusqu'à une demi-période. Grâce à ces deux multiplicateurs, on pourrait diminuer

---

([1]) Ce dispositif, en apparence identique à celui de Jones et à d'autres plus récents, en diffère par l'utilisation d'une bobine comme *amortisseur*; condition essentielle, dont l'importance n'avait pas encore été signalée.

en quelque sorte indéfiniment l'intensité du courant, si l'on n'était pas limité par certains phénomènes secondaires et par la nécessité de laisser à cette intensité une valeur suffisante pour le fonctionnement des électro-aimants (enregistreurs, relais, parleurs, téléphones, etc.) qu'il est utile de maintenir dans le circuit.

» L'emploi des courants faibles est avantageux à bien des points de vue : l'un des principaux est d'éviter les étincelles d'extra-courants de rupture, qui altèrent à la longue les surfaces de contact (en platine pur) du distributeur; l'addition d'un condensateur Fizeau ou d'une résistance électrolytique polarisable ([1]) en dérivation aux bornes du distributeur achève d'assurer la conservation parfaite des contacts.

» La dérivation R_1 est aussi un palliatif des extra-courants de la bobine B_1; elle fournit, en outre, un réglage facile de l'action électromagnétique indépendant de celui de la pile et du distributeur, avantage très grand lorsque l'horloge distributrice se trouve à une grande distance de l'appareil synchronisé. Il ne faut pas oublier que cette dérivation ferme d'une manière permanente le circuit de la bobine B_1 et la fait agir comme amortisseur concurremment avec la bobine B_2.

» *Réglage de l'amortissement*. — La valeur de l'amortissement est corrélative de celle du courant employé; en effet, plus l'amortissement est faible, moins la force motrice synchronisante a besoin d'être énergique. Il semble donc qu'on ait intérêt à employer un amortissement et un courant aussi faibles que possible pour économiser les piles et ménager les contacts du distributeur. Mais, d'un autre côté, plus l'amortissement est grand, plus la durée du régime variable est courte (*loc. cit.*, p. 1465), par conséquent, plus la synchronisation est rapide, parfaite et indépendante des variations inévitables du courant synchronisant : c'est donc l'amplitude de ces variations anomales qui déterminera la grandeur de l'amortissement à employer; de sorte qu'en dernière analyse, le réglage cherché dépendra presque exclusivement des conditions pour ainsi dire *télégraphiques* du circuit.

» Le critérium d'un synchronisme parfait est, en effet, la constance de

---

([1]) Le *coupe-courant* de M. d'Arsonval, formé de deux fils de fer plongeant dans quelques centimètres cubes d'une solution aqueuse de potasse, est un excellent dispositif : on en règle le nombre d'après l'étincelle de rupture; avec les courants dont il est ici question, un seul suffit en général.

l'amplitude du balancier synchronisé : cela résulte des expressions (13) et (14) (*loc. cit.*, p. 1661) qui donnent l'amplitude ϑ et la phase γ limites :

$$(13) \qquad \vartheta = \frac{uT}{2\pi(\Theta - T)} \sin\gamma,$$

$$(14) \qquad \operatorname{tang}\gamma = \frac{2\pi}{\alpha\Theta}\,\frac{\Theta - T}{T} = \frac{2\pi}{\alpha\mathfrak{T}}.$$

» On reconnaît aisément, en se reportant à la démonstration et à la *fig.* 2, que les erreurs de synchronisme ne sont à redouter que pendant les régimes variables accidentels survenus à la suite d'un changement

Fig. 2.

dans la grandeur moyenne de l'action synchronisante u. C'est pour cela qu'on a intérêt à réduire autant que possible la durée de ces régimes variables par la grandeur de l'amortissement.

» Il est important de remarquer que, dès qu'un nouveau régime permanent est atteint (amplitude redevenue constante), toute trace de la perturbation disparaît, si la perturbation n'a porté que sur la force synchronisante u, quand bien même la nouvelle amplitude serait différente de l'amplitude primitive; c'est qu'en effet la différence de phase γ entre l'horloge directrice et le balancier synchronisé est indépendante de la valeur de cette force.

» On voit dans la même formule (14) un autre motif pour donner à l'amortissement α une valeur notable : c'est qu'on atténue proportionnellement l'erreur provenant d'une variation de la différence des périodes $\Theta - T$, puisque α est en dénominateur.

» Il en résulte encore qu'on peut synchroniser deux balanciers pour lesquels cette différence $\Theta - T$ est relativement considérable, à la condition d'augmenter l'amortissement ; on obtient aisément le synchronisme entre deux horloges dont la différence de marche diurne est de ± 4 mi-

nutes, c'est-à-dire entre une horloge *sidérale* et une horloge *moyenne* [1].

» *Remarque.* — L'amortissement, absolument nécessaire pour arriver au synchronisme, peut être obtenu de bien des manières; on pourrait, par exemple, employer un simple tube de cuivre, ou, rejetant toute induction électromagnétique, utiliser le frottement d'un fluide visqueux, ou simplement de l'air [2]. Mais l'emploi de bobines à fil isolé permet d'établir ou de supprimer à volonté l'amortissement additionnel sans rien changer aux conditions purement mécaniques de l'appareil; ainsi, il suffit d'ouvrir les circuits des deux bobines pour retrouver le mouvement du balancier libre, affranchi de toutes les actions ou réactions électromagnétiques destinées à le synchroniser. Cette condition est éminemment favorable à l'étude expérimentale du réglage.

» *Balanciers entretenus mécaniquement.* — Les résultats précédents, rigoureux dans le cas d'un *balancier libre*, c'est-à-dire indépendant de tout mécanisme, s'étendent sans peine au cas où le balancier est soumis périodiquement, comme dans les horloges, à une action automatique qui restitue la force vive absorbée par les résistances passives.

» L'analyse mécanique de l'influence de l'échappement et des rouages montre que tout revient, au point de vue analytique, à supposer le coefficient α non plus constant, mais fonction de l'amplitude, c'est-à-dire à remplacer, dans la formule (14), α par $\beta = f(\vartheta)$. Cette condition complique théoriquement toutes les propriétés si simples énoncées précédemment; mais, dans la pratique, la fonction f diffère très peu d'une constante et sa variation n'exerce qu'une influence minime. Dans le cas des horloges à poids [3], par exemple, on démontre aisément que la valeur de β est

---

(1) J'ai même atteint $6^{m}30^{s}$: le système Foucault-Vérité employé à l'Observatoire et à la Ville de Paris ne tolère que quelques *secondes d'avance* diurne.

(2) C'est même à l'existence presque inévitable de résistances proportionnelles à la vitesse, produisant un faible amortissement, que divers systèmes de synchronisation, incorrects en théorie, parviennent à fonctionner : on s'explique alors pourquoi leur réglage est toujours délicat et leur stabilité précaire.

(3) L'étude expérimentale de l'amplitude des balanciers d'horloge, lorsqu'on fait varier le poids moteur, m'a conduit à la loi suivante :

L'amplitude limite du balancier d'une horloge est proportionnelle à la racine carrée du poids moteur.

On retrouve cette loi empirique par la théorie, en admettant :

1° Que la pression de la roue d'échappement sur le balancier s'effectue au moment du passage à la verticale; c'est la condition que les horlogers cherchent à remplir;

2° Que la force vive restituée au balancier pendant l'échappement est égale au travail de la chute du poids moteur.

donnée par

$$\beta = \alpha_0 + \alpha_1 - \frac{h}{\mathfrak{V}_2^2}, \quad \text{où} \quad h = \frac{pzT}{4\pi^2\mu},$$

α_0 représentant le coefficient d'amortissement du pendule libre, α_1 celui que produit l'amortisseur, et h un paramètre proportionnel au travail dû à la chute z du poids moteur p à chaque période T du balancier, et en raison inverse du moment d'inertie μ.

» Comme, dans les horloges de précision, le travail du poids moteur dépensé à chaque oscillation est très faible, le coefficient h est très petit : de sorte que l'amortissement additionnel α_1 nécessaire pour rendre la différence de phase γ sensiblement indépendante de l'amplitude limite, c'est-à-dire pour légitimer l'identification du balancier d'horloge à un balancier libre, n'est pas considérable. Il y a même un cas important où l'identification est rigoureuse, c'est celui où l'amplitude limite est égale à celle que prend le balancier quand on supprime la synchronisation (ouverture des circuits des deux bobines). Au voisinage de cette amplitude, qu'on cherchera généralement à conserver, l'influence du terme perturbateur sera donc négligeable.

» *Remarque.* — Les détails un peu minutieux avec lesquels les éléments de réglage viennent d'être décrits pourraient faire supposer que le réglage des appareils synchronisés est délicat à obtenir et difficile à conserver : il n'en est rien. L'expérience, au contraire, réussit immédiatement et l'on constate, non sans surprise, que le balancier à synchroniser, partant du repos, se met en marche de lui-même dès qu'il reçoit l'action périodique du moindre courant ; d'autre part, avec des courants relativement intenses, on reconnaît que le balancier *ne s'emporte pas* outre mesure : c'est qu'en effet l'amortisseur, dont l'action est presque insensible aux petites amplitudes, agit aux grandes amplitudes comme un frein puissant. Cette précieuse propriété de l'amortisseur laisse une grande latitude pour le réglage du courant. La discussion précédente a donc eu surtout pour but de mettre en lumière toutes les ressources que comporte le dispositif et de montrer comment, dans chaque cas, on peut obtenir le maximum d'effet utile, soit qu'on recherche l'extrême précision, soit qu'on vise surtout à l'économie d'entretien.

» *Applications.* — L'application pratique de ce système de synchronisation a été déjà réalisée dans des circonstances très diverses : la régularité du fonctionnement a toujours été complète. Je l'emploie à l'École Polytechnique, depuis plusieurs années, à synchroniser divers appareils, en particulier deux horloges à secondes ; à l'Observatoire, sur la demande de

notre Confrère M. l'amiral Mouchez, j'ai adapté ce système à la synchronisation des deux horloges du pavillon des Longitudes. Enfin, au Service géographique de l'Armée, notre Confrère M. le général Perrier l'a fait expérimenter par M. le capitaine Defforges sur deux horloges distantes de 40^{km}; malgré l'imperfection de la ligne qui permettait à peine la correspondance télégraphique, la synchronisation a été aussi satisfaisante que possible.

» Le problème de la distribution de l'heure à une précision voisine du centième de seconde me paraît donc complètement résolu. Il n'est peut-être pas indifférent de faire remarquer que le dispositif est simple, d'un réglage facile et n'exige que de faibles courants. »

M. Albert Gaudry fait hommage à l'Académie d'un Volume intitulé : *Les ancêtres de nos animaux dans les temps géologiques,* et s'exprime dans les termes suivants :

« Outre mes principaux Ouvrages, j'ai fait paraître, dans divers Recueils, des articles où j'ai exposé mes idées sur les origines et les développements du monde animal pendant les temps géologiques. Les éditeurs de la *Bibliothèque scientifique contemporaine* ont pensé qu'il pourrait être de quelque intérêt de réunir plusieurs d'entre eux et d'y joindre les résumés de mes Ouvrages sur l'Attique et sur le Léberon, que peu de personnes peuvent se procurer en raison de leur étendue et de leur rareté.

» Un de mes élèves, M. Marcellin Boule, agrégé des Sciences naturelles, a bien voulu se charger de coordonner ces travaux : je le remercie du soin et du talent avec lesquels il s'est acquitté d'une tâche qui n'était pas sans difficulté.

» Le Livre que j'ai l'honneur d'offrir à l'Académie renferme d'abord l'indication des phases par lesquelles l'étude de la Paléontologie a passé. La première phase a été celle où Cuvier a prouvé qu'il y avait eu autrefois un monde d'êtres fossiles différents des espèces actuelles. Dans la seconde phase, plusieurs paléontologistes, et surtout Alcide d'Orbigny, ont montré que les temps géologiques ont été partagés en un grand nombre d'époques, dont chacune a été caractérisée par des formes spéciales. Dans la troisième phase, qui est celle où nous sommes, nous commençons à étudier les rapports des espèces de toutes ces époques, tâchant de préparer la voie à nos successeurs, qui sans doute un jour parviendront à découvrir le plan magnifique de la Création.

» J'ai réuni des travaux qui ont été faits à ce point de vue, notamment

le résumé de mes recherches sur Pikermi. Dans ce résumé, j'ai dressé des Tableaux où j'ai rangé plusieurs animaux fossiles suivant l'âge où ils ont paru sur la terre. J'ai mis d'abord les Mammifères de l'éocène inférieur, puis ceux de l'éocène moyen, puis ceux de l'éocène supérieur, puis ceux du miocène inférieur, puis ceux du miocène moyen, puis ceux du miocène supérieur, ceux du pliocène, ensuite ceux du quaternaire, et enfin ceux de l'époque actuelle. Depuis l'époque où ces Tableaux ont été dressés, beaucoup de découvertes de Mammifères fossiles ont été faites en Europe et surtout en Amérique. Malgré leur importance, j'ai cru devoir peu modifier mes Tableaux, afin de leur laisser leur caractère primitif; car le seul mérite que je veuille revendiquer pour eux est d'avoir été composés à une époque où les paléontologistes n'avaient pas encore les riches matériaux qu'ils possèdent aujourd'hui.

» Mon Livre se termine par un historique de la Paléontologie dans le Museum; j'y parle de mes éminents prédécesseurs : Alcide d'Orbigny, le vicomte d'Archiac, Édouard Lartet, et j'y donne quelques renseignements sur la galerie provisoire de Paléontologie, nouvellement installée dans le Museum. »

MÉMOIRES PRÉSENTÉS.

PHYSIQUE MATHÉMATIQUE. — *Sur l'aimantation par influence.* Note de M. **P. Duhem**, présentée par M. Darboux.

(Commissaires : MM. Cornu, Darboux, Sarrau.)

« *Quantité de chaleur dégagée dans une transformation d'un système qui renferme des aimants.* — Les paramètres qui, avec la température absolue, définissent l'état du système étant choisis de telle sorte que les forces extérieures n'effectuent aucun travail si T varie sans que les autres paramètres varient, et les forces extérieures étant supposées admettre à température constante un potentiel W, la quantité de chaleur en question est donnée par la formule

$$\mathrm{E}\,d\mathrm{Q} = -d\Big\{\mathrm{E}(\mathrm{U}-\mathrm{TS}) + \mathrm{W} + \mathrm{Y} - \mathrm{ET}\frac{\partial}{\partial\mathrm{T}}(\mathrm{U}-\mathrm{TS}) + \iiint\Big[\mathfrak{F}(\mathrm{M},\mathrm{T}) - \mathrm{T}\frac{\partial\mathfrak{F}(\mathrm{M},\mathrm{T})}{\partial\mathrm{T}}\Big]dx\,dy\,dz\Big\}.$$

» *Influence de l'aimantation sur la chaleur dégagée dans une réaction*

chimique. — Pour appliquer la formule précédente au cas où la modification considérée est une réaction chimique, deux cas sont à distinguer :

» 1° Le corps entrant en combinaison est un aimant permanent; le système ne renferme pas d'autre aimant ou d'autre corps magnétique. Dans ce cas, on peut énoncer le théorème suivant :

» *Si le corps entrant en combinaison est magnétique et si son coefficient d'aimantation croît ou demeure constant lorsque la température croît, la chaleur dégagée par la combinaison est plus grande lorsque le corps est aimanté, que lorsqu'il ne l'est pas. En tout autre cas, le signe de la différence entre ces deux quantités de chaleur ne peut être prévu* a priori *sans données numériques.*

» 2° Le corps entrant en combinaison est un corps magnétique dénué de force coercitive. Dans ce cas, on peut énoncer le théorème suivant :

» *Lorsqu'une substance magnétique (mais non diamagnétique) entre en réaction pour fournir une combinaison chimique, dont le magnétisme soit négligeable, elle dégage une moindre quantité de chaleur lorsque la combinaison s'effectue dans un champ magnétique que lorsque la combinaison s'effectue en dehors du champ, pourvu que le coefficient d'aimantation diminue ou demeure constant lorsque la température croît; si ce coefficient augmente avec la température, on ne peut plus rien prévoir sans données numériques.*

» *Influence de l'aimantation sur la possibilité d'une réaction chimique.* — Dans du sulfate de cuivre, on plonge un morceau de fer doux, et le tout est placé dans un champ magnétique. Le cuivre se dépose sur ce morceau de fer doux autrement qu'en dehors du champ magnétique. On peut énoncer la proposition suivante :

» *Le cuivre ne peut se déposer sur le fer doux aux points dont l'aimantation surpasse une certaine valeur; la ligne de séparation entre les points où le cuivre se dépose et les points où il ne se dépose pas est, pour le fer doux, une ligne d'égale intensité d'aimantation.*

» Si l'on suppose que, toutes choses égales d'ailleurs, une réaction est d'autant plus rapide qu'elle correspond à une plus grande quantité de travail non compensé, on pourra énoncer la proposition suivante :

» *En un point, le dépôt de cuivre sera d'autant plus épais que l'aimantation en ce point est plus faible; les lignes où ce dépôt a la même épaisseur sont des lignes d'égale intensité d'aimantation.* »

» Ces propositions rendent compte des phénomènes observés par M. Ira Remsen et par M. Rowland ; elles complètent la théorie de ces phénomènes proposée par M. P. Janet ([1]).

» *Chaleur dégagée dans le déplacement d'une masse magnétique.* — Lorsqu'on déplace un aimant permanent en présence d'autres aimants permanents, la chaleur dégagée est simplement équivalente au travail effectué par les actions mutuelles de ces aimants.

» Il n'en est plus de même lorsqu'on déplace en présence d'aimants permanents une masse dénuée de force coercitive. Dans ce cas on peut énoncer la proposition suivante :

» *Lorsqu'une substance magnétique (mais non diamagnétique) se trouve soumise à l'action d'aimants et lorsqu'on l'éloigne ensuite à l'infini, elle absorbe de la chaleur si son coefficient d'aimantation demeure constant ou diminue lorsque la température croît. En dehors des conditions que nous venons d'énoncer, le sens du phémomène thermique ne peut être prévu sans données numériques.*

» Un raisonnement qui nous paraît incomplet avait amené Sir W. Thomson ([2]) à énoncer une proposition notablement différente :

» *Une masse magnétique que l'on éloigne d'aimants permanents s'échauffe si son coefficient d'aimantation croît avec la température et se refroidit si son coefficient d'aimantation diminue lorsque la température croît.*

» Dans le cas d'une masse magnétique dont le coefficient d'aimantation serait indépendant de la température, le phénomène thermique serait nul d'après la proposition de Sir W. Thomson ; au contraire, il y a absorption de chaleur d'après notre proposition. »

M. G. Dubreuque adresse, de Saint-Amand (Cher), un Mémoire intitulé : « La chaleur considérée comme mode d'énergie potentielle ».

(Renvoi à la Section de Mécanique.)

([1]) P. Janet, *De l'influence du magnétisme sur les phénomènes chimiques* (*Journal de Physique*, 2e série, t. VI, p. 286 ; 1887).

([2]) W. Thomson, cité par Mascart et Joubert, *Traité d'électricité et de magnétisme*, t. I, p. 712.

CORRESPONDANCE.

M. A. Laboulbène informe l'Académie qu'il retire sa candidature à la place vacante dans la Section d'Économie rurale.

M. E. Duclaux prie l'Académie de vouloir bien le comprendre parmi les candidats à la place actuellement vacante dans la Section d'Économie rurale.

(Renvoi à la Section d'Économie rurale.)

La Commission polaire allemande adresse, pour la bibliothèque de l'Institut, deux Volumes portant pour titre : « Die internationalen Polarforschungen, 1882-1883. Die Beobachtungs-Ergebnisse der deutschen Stationen. Band I : Kingua Fjord. Band II : Sud-Georgien ».

ASTRONOMIE. — *Nébuleuses nouvelles* (1), *découvertes à l'observatoire de Paris.* Note de M. G. Bigourdan, communiquée par M. Mouchez.

Nos.	Ascension droite. 1860,0.	Distance polaire. 1860,0.	Description.
	h m s	° ′	
51....	12. 4.31	45.29	Étoile 13,3 accompagnée d'un peu de nébulosité.
52....	12.17. 7	40.26	Gr. : 12,9; 40″ de diam.; plus brillante au centre, sans noyau.
53....	12.20.10	61.23	Objet très faible, formé peut-être par 2 ou 3 étoiles entremêlées de nébulosité.
54....	12.22.19	81.12	Gr. : 13,5; très diffuse.
55....	12.28.53	62.12	Étoile qui paraît accompagnée de nébulosité.
56....	12.44.12	60.19	Gr. : 13,4; sans noyau.
57....	12.44.19	60.28	Gr. : 13,4; paraît allongée vers la direction 30° de l'angle de position.
58....	12.47.24	62.10	Gr. : 13,4; très petite; aspect stellaire; est distincte de 5675 G. C.

(1) Cette liste fait suite à celle de la page 926 de ce Volume.

Nos.	Ascension droite. 1860,0.	Distance polaire. 1860,0.	Description.
	h m s	° ′	
59....	12.48.38	61.15	Gr. : 13,5; insaisissable; a dans son intérieur une étoile 13,4-13,5.
60....	12.49.26	61.15	Gr. : 13,4-13,5; insaisissable, sans noyau.
61....	12.49.48	61.48	Gr. : 13,4; 8″ à 10″ de diamètre.
62....	12.52.32	61.15	Gr. : 13,4; 15″ de diam.; aspect un peu stellaire. Se distingue difficilement de 3343 G. C. dont elle est très voisine.
63....	12.52.46	61.17	Gr. : 13,4; 10″ de diam., avec petit noyau stellaire.
64....	12.52.49	61.15	Gr. : 13,4-13,5; 20″ de diam., sans noyau.
65....	12.52.53	61.19	Gr. : 13,4-13,5; 15″ de diam.; aspect un peu stellaire.
66....	12.53. 2	61.19	Gr. : 13,4; 15″ de diam., sans noyau; très légèrement plus brillante vers le centre.
67....	12.53.13	61.12	Gr. : 13,4; 20″ de diam.; centre d'aspect un peu stellaire.
68....	12.53.31	60.56	Gr. : 13,3-13,4; 15″ de diam.; ronde, plus brillante au centre, avec un noyau un peu stellaire.
69....	12.53.32	61.18	Gr. : 13,5; 1′ de diam.; très voisine de 3354 G. C.
70....	13.46.38	97.14	Gr. : 13,4; ronde; 1′ de diam., sans noyau.
71....	14. 6. 9	68.41	Gr. : 13,4; 25″ de diam.; noyau assez stellaire.
72....	14.13.22	54.16	Gr. : 13,4-13,5; 30″ de diam.; très diffuse.
73....	14.13.37	54.12	Petit amas d'étoiles très faibles entremêlées de nébulosité.
74....	14.23.50	75.21	Gr. : 13,4-13,5; 30″ de diam., sans noyau. Est distincte de 3911 G. C.
75....	14.59.24	87.51	Gr. : 13,1-13,2; 10″ à 15″ de diam.; ronde, noyau stellaire; elle est très voisine de 4045 G. C., dont elle forme le compagnon.
76....	15.55.20	70.14	Gr. : 13,5; 30″ à 40″ de diam., sans noyau.
77....	16. 8.23	61.31	Gr. : 13,4; noyau stellaire.
78....	16.15.10	51.59	Gr. : 13,4-13,5; ronde, sans noyau, très légèrement plus brillante vers le centre.
79....	16.18.24	48.52	Gr. : 13,5; 40″ de diam., sans noyau.
80....	16.45.56	87.23	Gr. : 13,3; diffuse; paraît allongée à peu près suivant son cercle horaire.
81....	17.32.14	71. 5	Gr. : 13,3; 7″ à 8″ de diam., aspect stellaire.
82....	17.38.13	64.24	Gr. : 13,3; aspect stellaire.
83....	18.10.10	65. 0	Paraît être un amas de 30″ de diam., formé d'étoiles très faibles, entremêlées peut-être de nébulosité; est distincte de 5907 G. C.
84....	20.39.47	90. 4	Gr. : 13,3-13,4.

Nos.	Ascension droite. 1860,0. h m s	Distance polaire. 1860,0. ° ′	Description.
85....	20.40. 9	89.59	Gr. : 13,4; formée par une étoile accompagnée de nébulosité.
86....	20.40.10	90. 8	Gr. : 13,5; trace de nébulosité avec étoile très faible.
87....	20.44.42	96.25	Gr. : 13,4-13,5; petite; aspect mixte, c'est-à-dire tenant de la nébuleuse et de l'étoile.
88....	20.44.57	96.23	Gr. : 13,5; de 30″ à 40″ de diamètre.
89....	20.45.26	96.21	Gr. : 13,4; 30″ de diam.; aspect mixte.
90....	21.32.27	81.44	Gr. : 13,5; aspect mixte, excessivement faible.
91....	21.41.10	24.29	Gr. : 13,5; 2′ de diam.
92....	22.50.54	64.35	Gr. : 13,4-13,5; excessivement faible et très petite.
93....	22.51. 9	64.41	Étoile accompagnée de quelques traces de nébulosité.
94....	22.51.19	64.40	Gr. : 13,5; trace de nébulosité contre une étoile de gr. : 13,3-13,4.
95....	23. 1.23	89.51	Gr. : 13,4; assez stellaire. Ciel médiocre.
96....	23. 8.56	83.25	Gr. : 12,5; 5″ à 6″ de diam., avec noyau stellaire un peu diffus.
97....	23.10.13	83.23	Gr. : 13,4-13,5; formée par une étoile accompagnée de nébulosité très faible.
98....	23.35.45	63.43	Gr. : 13,3; 25″ de diam., avec noyau stellaire qui se détache fortement de la nébulosité.
99....	23.36.28	63.28	Gr. : 13,4; 20″ à 25″ de diam.; centre un peu stellaire.
100....	23.39.53	61.19	Gr. : 13,4-13,5; 20″ de diam., avec légère condensation centrale; distincte de 6226 G. C.
101....	23.59.21	63. 8	Petit amas de 2′,5 de diam., formé d'étoiles très faibles parmi lesquelles on soupçonne un peu de nébulosité.
102....	23.59.50	63. 9	Gr. : 13,4-13,5; 40″ à 50″ de diam., avec plusieurs points de condensation.

REMARQUES.

Nos.	
12 à 15...........	Paraissent être les *knots and patches* soupçonnés à Birr Castle.
29 à 34...........	Ce sont sans doute quelques-uns des objets indiqués dans le Catalogue général sous les nos 1581-1588 et dont on n'a pas les positions.
38...............	C'est sans doute 1696 G. C., qui, en Æ, serait en erreur de 28s dans G. C.
47-48............	Sont, sans doute, identiques à deux des objets 2521-2525 G. C. dont on n'a pas les positions.
56-57............	L'une d'elles doit être 3247 G. C., que je n'ai pu trouver à la position indiquée par G. C.

» A ces remarques, j'ajouterai les suivantes, qui se rapportent à des nébuleuses déjà connues :

19 G. C.	N'est pas à la place indiquée par G. C., mais à celle donnée par d'Arrest.
24 G. C.	Je n'ai rien aperçu à sa place.
72 G. C.	La déclinaison de d'Arrest est en erreur de 10'; celle de G. C. est exacte.
137 et 139 G. C. ...	J'ai cherché ces nébuleuses avec soin par un beau ciel, mais je n'ai pu les apercevoir. Déjà d'Arrest les avait cherchées en vain.
5152 G. C.	C'est probablement celle que j'ai trouvée à cette position : Æ $= 1^h 1^m 16^s$, D. P. $= 58°7'$.
249 G. C.	Ne se trouve pas à la place indiquée par d'Arrest; c'est sans doute celle que j'ai trouvée dans cette position : Æ $= 1^h 7^m 18^s$, D. P. $= 57°23'$.
2489 G. C.	Je n'ai pu l'apercevoir, non plus que d'Arrest et Dreyer.
2929 G. C.	Cherchée avec soin, je n'ai pu la trouver; c'est sans doute 5642 G. C.
2945 G. C.	Non vue; paraît être celle que j'ai trouvée à Æ $= 12^h 17^m 7^s$, D. P. $= 40°26'$, avec une erreur de $1^m 12^s$ dans l'Æ de G. C.
3004 G. C.	Je n'ai pu l'apercevoir, quoique W. Herschel l'ait placée dans la classe II.
3103	Je n'ai pu l'apercevoir, quoique W. Herschel l'ait placée dans la classe I.
4912 et 4913 G. C.	Je n'ai pu les apercevoir; doivent être les mêmes que 6151 et 6153 G. C.
4953 G. C.	Erreur de 15' dans la distance polaire de G. C.; celle de d'Arrest est exacte.

GÉOMÉTRIE. — *Division approximative d'un arc de cercle dans un rapport donné, à l'aide de la règle et du compas.* Note de M. **A. Pellet**, présentée par M. Hermite.

« Soient AM $= a$ un arc plus petit que $\frac{\pi}{2}$, PM son sinus et O son centre (¹). Prenons Pμ égal à une fraction donnée m de PM. R étant un point de l'arc AM, menons OR, qui rencontre la perpendiculaire élevée en μ sur PM en I, et Rρ perpendiculaire sur PM. On a

$$\frac{\mu I}{\rho R} = \frac{m \sin a \cot x - \cos a}{\cos x - \cos a} = r,$$

(¹) Le lecteur est prié de tracer lui-même la figure.

x désignant l'arc AR. Ce rapport va en diminuant de 1 à 0, lorsque R va du point ν au point ν', intersections de la circonférence avec μI et Oμ. Il en résulte que, si l'on se donne la valeur de ce rapport r, le point R est déterminé. Soient R_1 un point de l'arc $\nu\nu'$, $R_1\rho_1$ sa distance à PM; prenons $\mu I_1 = r\rho_1 R_1$; la droite OI_1 rencontre la circonférence en un point R_2 compris entre R_1 et R, et ainsi de suite. On peut donc approcher indéfiniment dans les deux sens du point cherché R.

» Pour $m = \frac{1}{3}$ et $x = \frac{a}{3}$, on a

$$r = \frac{2}{3}.$$

» Supposons $m < \frac{1}{2}$ et posons $x = ma$. On a

$$r = \frac{m \sin a \cot ma - \cos a}{\cos ma - \cos a} = \frac{2}{3} - \frac{1 - 9m^2}{90} a^2 - \frac{(1 + 3m^2)(1 - 9m^2)}{6^3 . 7} a^4 - \ldots .$$

» Lorsque a varie de 0 à $\frac{\pi}{2}$, cette fonction décroît de $\frac{2}{3}$ à $\frac{m}{\sin \frac{m\pi}{2}}$, si m est plus petit que $\frac{1}{3}$, et croît de $\frac{2}{3}$ à $\frac{m}{\sin \frac{m\pi}{2}}$, si m est plus grand que $\frac{1}{3}$; sa valeur est donc comprise entre $\frac{2}{3} - 0,0305$ et $\frac{2}{3} + 0,0405$.

» La distance du point R correspondant à $x = ma$ au point R correspondant à $r = \frac{2}{3}$ est moindre en valeur absolue et de même signe que la quantité

$$\frac{0,08}{1 + \frac{\cos a}{2}} m(1 - 9m^2)\left(\frac{2a}{\pi}\right)^3,$$

laquelle est toujours inférieure en valeur absolue à 0,05 et même à 0,005, si l'arc a est plus petit que $\frac{\pi}{4}$.

» Au point de vue du dessin, cette distance est presque toujours négligeable. »

PHYSIQUE. — *Sur la dilatation des liquides comprimés, et en particulier sur la dilatation de l'eau.* Note de M. **E.-H. Amagat.**

« J'ai étudié, entre zéro et 50°, et depuis la pression normale jusqu'à 3000^{atm}, la compressibilité et la dilatation des liquides suivants : eau, éther ordinaire, alcools méthylique, éthylique, propylique et allylique,

acétone, chlorure, bromure et iodure d'éthyle, sulfure de carbone, chlorure de phosphore.

» Je ne pourrai donner les coefficients absolus de compressibilité que lorsque j'aurai terminé le travail relatif à la compressibilité des piézomètres, qui présente de grandes difficultés; mais les coefficients de dilatation à pression constante peuvent être calculés dès maintenant; voici l'ensemble des résultats auxquels je suis arrivé.

» En mettant de côté l'eau, qui fait exception, le coefficient de dilatation des autres liquides diminue quand la pression augmente; cette diminution est de moins en moins marquée; à 3000^{atm} elle est encore très sensible.

» On sait que, sous la pression normale, le coefficient augmente avec la température; cette variation va aussi en diminuant quand la pression augmente et devient de l'ordre de grandeur des erreurs dont on ne peut répondre, dans les conditions expérimentales où je me suis placé; par exemple, pour l'éther à 1000^{atm}, j'ai trouvé, pour coefficients moyens, de zéro à 10°, 20°, 30°, 40° et 50°, les nombres suivants :

0,000891; 0,000890; 0,000905; 0,000897; 0,000909;

les autres liquides m'ont fourni des résultats analogues.

» Du reste, le présent travail a eu surtout pour but l'étude des pressions supérieures; il sera repris jusque vers 1200^{atm} ou 1500^{atm}, par une méthode totalement différente et susceptible d'une pression qu'on ne peut obtenir avec les appareils disposés pour les plus fortes pressions; on pourra élever la température jusqu'à plusieurs centaines de degrés et, par conséquent, atteindre le point critique de plusieurs liquides.

» Le Tableau suivant contient quelques-uns des résultats que j'ai obtenus; il donne les coefficients moyens du sulfure de carbone et de l'éther entre zéro et 50°, et celui de l'alcool ordinaire entre zéro et 40°, aux différentes pressions de 500^{atm} en 500^{atm} jusqu'à 3000^{atm}. Les coefficients de l'eau aux mêmes pressions y sont donnés de zéro à 10°, 30° et 50°, afin de montrer leurs variations avec la température.

Atmosphères.

	1.	500.	1000.	1500.	2000.	2500.	3000.
Éther	0,001700	0,001118	0,000909	0,000772	0,000700	0,000631	0,000558
Sulfure de carbone	0,001212	0,000940	0,000828	0,000735	0,000666	0,000630	0,000581
Alcool	0,001109	0,000866	0,000730	0,000673	0,000613	0,000556	0,000524
Eau.							
De 0° à 10°	0,000012	0,000156	0,000250	0,000315	0,000352	0,000338	0,000383
De 0° à 30°	0,000138	0,000229	0,000302	0,000340	0,000382	0,000420	0,000415
De 0° à 50°	0,000236	0,000295	0,000347	0,000383	0,000408	0,000428	0,000413

» On voit que, à 3000^{atm}, le coefficient de l'éther est réduit au tiers de la valeur qu'il a sous la pression normale.

» En comparant l'éther et le sulfure de carbone, on remarquera que l'éther, qui, sous la pression normale, est beaucoup plus dilatable que le second corps, a même coefficient que lui sous la pression de 2500^{atm}; à 300^{atm}, c'est le coefficient du sulfure de carbone qui l'emporte, ce dernier coefficient ayant été réduit à peine de moitié, tandis que celui de l'éther a été réduit des deux tiers.

» Le cas de l'eau est particulièrement intéressant, parce qu'on voit s'effacer graduellement les perturbations aux lois ordinaires, résultant du fait du maximum de densité.

» Le coefficient de l'eau croît très rapidement d'abord avec la pression; cet accroissement va en diminuant et disparaît vers 2500^{atm}; on peut supposer que, sous des pressions plus fortes, le coefficient irait en diminuant, comme cela a lieu pour les autres liquides dès la pression normale.

» On remarquera enfin que l'accroissement du coefficient avec la température, très considérable sous les faibles pressions, diminue aussi graduellement, la pression augmentant; à 500^{atm}, le coefficient moyen entre zéro et 50° est encore double de celui entre zéro et 10°; à 3000^{atm}, cet accroissement avec la température existe encore nettement, mais est extrêmement réduit; sous cette pression, l'eau est donc, entre les limites actuelles de température, rentrée dans les lois ordinaires de dilatation des autres liquides. »

CHIMIE ANALYTIQUE. — *Sur une nouvelle méthode de dosage de l'acide carbonique dissous.* Note de M. **Léo Vignon**, présentée par M. Debray.

« La liqueur colorée, fournie par le mélange de 50^{cc} d'eau de chaux et de 10 gouttes de solution alcoolique saturée de phénolphtaléine pure, se décolore très rapidement par l'addition d'une quantité suffisante d'une solution aqueuse d'acide carbonique libre ou combiné au carbonate de chaux neutre.

» Il résulte de ce fait que l'acide carbonique, libre ou à demi combiné, dissous dans l'eau, peut être dosé volumétriquement par saturation au moyen d'une solution titrée d'hydrate de chaux, en employant, dans des conditions convenables, la phénolphtaléine comme indicateur coloré.

» J'ai l'honneur de présenter à l'Académie le résultat des recherches que j'ai entreprises pour l'application de cette méthode nouvelle au do-

sage de l'acide carbonique, autre que celui des carbonates neutres, dans les eaux potables et les eaux industrielles.

» Pour effectuer ce dosage dans une eau naturelle, on prélèvera 50^{cc} de cette eau; ils seront additionnés de $0^{cc},05$ (10 gouttes) de solution alcoolique saturée de phénolphtaléine, et l'on ajoutera peu à peu dans la liqueur de l'eau de chaux préalablement titrée ([1]), jusqu'à ce qu'elle prenne et conserve la teinte rose caractéristique de la phtaléine en présence d'un excès de chaux. Pour obtenir des résultats constants, il est indispensable de pouvoir comparer la teinte limite à celle d'une liqueur de même composition que l'eau à examiner, mais complètement privée d'acide carbonique. On prendra comme type de l'eau récemment distillée ou une portion de l'eau à examiner, qu'on aura fait bouillir préalablement pendant un temps suffisant pour expulser tout l'acide carbonique qu'elle contenait.

» 50^{cc} de chacune de ces deux liqueurs, ramenées à la même température, seront placés dans deux éprouvettes à pied, graduées, bouchées à l'émeri, de diamètres faibles (2^{cm} à 3^{cm}) et aussi égaux que possible. On ajoutera dans chaque éprouvette un même nombre de gouttes (10) de solution alcoolique de phénolphtaléine; puis on commencera par colorer faiblement la liqueur type avec une quantité mesurée d'eau de chaux titrée, ajoutée au moyen d'une burette divisée en dixièmes de centimètre cube, sans atteindre le maximum de coloration qu'elle peut fournir : $0^{cc},2$ à $0^{cc},5$ suffisent ordinairement.

» On ajoutera ensuite peu à peu la solution de chaux dans l'eau à examiner; la coloration produite par le contact de l'eau de chaux disparaîtra très rapidement au début par l'agitation, tant que l'acide carbonique se trouvera dans la liqueur en excès suffisant. Vers la fin de la réaction, la combinaison de la chaux avec l'acide carbonique est plus lente; aussi convient-il d'agiter fréquemment la liqueur et d'espacer les additions d'eau de chaux. Il faut avoir soin de ne pas dépasser, dans l'eau à examiner, l'intensité colorante du type, et de la rétablir lorsque cette coloration tombe au-dessous de celle du type. Lorsque la coloration de l'eau soumise au dosage ne varie plus, ce qui arrive en général au bout d'une heure si l'on a eu la précaution d'agiter fréquemment, on amène la liqueur type au même volume que l'eau à examiner et l'on établit l'identité de coloration par addition d'eau de chaux dans la liqueur la moins colorée. Les deux éprouvettes sont utilisées comme les tubes d'un calorimètre; en les examinant sur un fond blanc, on perçoit nettement, avec un peu d'habitude, les différences de coloration dues à l'addition de $0^{cc},1$ d'eau de chaux.

» Les colorations étant identiques, on est fondé à dire que les deux liqueurs renferment les mêmes quantités de chaux libre; la différence entre la chaux consommée pour l'eau à examiner et celle qui a servi à colorer le type correspond évidemment à l'acide carbonique cherché. Je me suis assuré du reste, dans un grand nombre d'essais, que cette quantité de chaux absorbe complètement l'acide carbonique contenu dans l'eau examinée, qui ne contient ensuite aucune quantité de chaux libre appréciable par les moyens analytiques les plus sensibles.

([1]) Au moyen de l'acide sulfurique au dixième normal et de la cochenille.

» La présence des chlorures, des sulfates et des nitrates de chaux et de magnésie ne modifie pas les résultats. Le carbonate de chaux, il est vrai, colore très faiblement la phtaléine; mais, outre que cette coloration n'est nullement comparable comme intensité à celle que fournit la chaux, elle ne se manifeste pas en présence de l'acide carbonique.

» Si l'eau contient des sels alcalins dont les acides puissent former avec la chaux des sels insolubles, ou du carbonate de magnésie, qui est légèrement alcalin, en quantité notable, il faut avoir soin d'ajouter avant le dosage un peu de chlorure de calcium neutre, pour transformer en chlorure le carbonate de magnésie et les sels alcalins. On sera averti, du reste, de cette particularité par la coloration que cette eau, bouillie dans une capsule de platine, prendra avec la phtaléine.

» Quand l'eau renferme beaucoup d'acide carbonique, le carbonate de chaux, en se déposant, rend la liqueur opaque et ne permet pas d'effectuer la comparaison colorimétrique avec le type. On remédie à cet inconvénient, en ajoutant à la solution colorée type un peu de carbonate de chaux pur, en poudre, ou en laissant se déposer le carbonate de chaux dans l'eau à examiner.

n étant le nombre de centimètres cubes d'eau de chaux consommés pour l'eau à examiner (déduction faite de la quantité employée pour le type);
n' le volume de l'eau (en centimètres cubes) sur lequel on a effectué le dosage;
T le titre de l'eau de chaux, exprimé en grammes d'hydrate de chaux par litre,
la quantité d'acide carbonique contenu dans l'eau sera, en volume,

$$V_{CO^2} = \frac{n \times T \times 22}{n' \times 37 \times 1,9774} = \frac{nT}{n'} \times 0,3$$

à 0° et $0^m,760$.

» La méthode qui vient d'être exposée est assez sensible pour déceler la présence de 1^{cc} d'acide carbonique dans 1^{lit} d'eau. Elle permet, en résumé, de doser rapidement l'acide carbonique, autre que celui des carbonates neutres, dans les eaux potables et les eaux industrielles. Son principe paraît devoir être utilisé également pour le dosage de l'acide carbonique dans les eaux minérales. »

PHYSIOLOGIE ANIMALE. — *Influence du sommeil naturel ou provoqué sur l'activité des combustions respiratoires*. Note de M. **L. de Saint-Martin**, présentée par M. Berthelot.

« I. *Respiration pendant le sommeil naturel*. — Regnault et Reiset n'ont pas abordé l'étude de cette question dans leur travail classique sur la res-

piration. Pettenkofer et Voit ont donné, pour douze heures de jour et douze heures de nuit, des chiffres exprimant l'acide carbonique exhalé et l'oxygène absorbé par un homme ayant séjourné vingt-quatre heures dans leur appareil. Mais ces chiffres ont été contestés, surtout en ce qui concerne l'oxygène, lequel est dosé, dans leur méthode, par un procédé indirect fort discutable, et ne sont pas, en général, adoptés par les physiologistes.

» Pour étudier la question, j'ai fait séjourner plusieurs jours une tourterelle dans l'appareil qui m'a déjà servi pour mes recherches sur la respiration dans les atmosphères riches en oxygène (¹), mais en fractionnant chaque expérience de vingt-quatre heures en deux parties, l'une de jour et l'autre de nuit.

» Il convient, avant tout, d'observer que, durant la nuit, un animal dort et jeûne tout à la fois ; il y a donc lieu de se demander quelle est l'influence relative de ces deux facteurs sur la diminution de l'activité des combustions respiratoires pendant la nuit. Pour résoudre la question, après avoir fait sur mon sujet deux expériences doubles très concordantes, en l'introduisant avec sa nourriture sous la cloche, j'en ai institué une troisième dans laquelle l'animal, resté à jeun depuis la veille au soir, a été encore maintenu dans cet état durant les vingt-quatre heures que, pour la troisième fois, il a passées dans l'appareil.

» Le Tableau suivant résume les résultats obtenus :

Numéros des expériences.	CO^2 exhalé en 1h de jour.	CO^2 exhalé en 1h de nuit.	O absorbé en 1h de jour.	O absorbé en 1h de nuit.	Quotient $\frac{CO^2}{O}$ le jour.	Quotient $\frac{CO^2}{O}$ la nuit.	$\frac{CO^2 \text{ nuit}}{CO^2 \text{ jour}}$	$\frac{O \text{ nuit}}{O \text{ jour}}$
	lit	lit	lit	lit				
1....	0,387	0,300	0,466	0,425	0,83	0,70	0,77	0,91
2....	0,382	0,300	0,421	0,372	0,91	0,80	0,78	0,88
3....	0,231	0,184	0,305	0,274	0,76	0,67	0,79	0,90

» Pendant la première expérience, l'animal a perdu en poids 7gr,17, tandis que dans la seconde il a gagné 3gr,05, ce qui explique l'écart observé dans les quantités d'oxygène absorbées durant les expériences 1 et 2. Pendant la troisième expérience, où il est resté à jeun, il a subi une perte de poids de 6gr,80.

» Mais en laissant de côté ces différences, qui s'expliquent par des conditions particulières, on remarquera la concordance remarquable des chiffres des deux dernières colonnes, qui expriment les rapports entre les volumes d'acide carbonique exhalé et d'oxygène consommé durant la nuit et durant le jour.

(¹) *Comptes rendus*, séance du 28 janvier 1884, *in extenso* dans les *Annales de Chimie et de Physique*, 1884.

» On peut donc conclure nettement que, *indépendamment de l'état de ieûne, le sommeil naturel abaisse d'un cinquième environ la quantité d'acide carbonique exhalée, et d'un dixième seulement la quantité d'oxygène absorbée.*

» II. *Sommeil provoqué par la morphine, le chloral et le chloroforme.* — Les expériences qui suivent ont été faites sur des chiens. Pour étudier la respiration de ces animaux, je les coiffais d'une muselière de caoutchouc bien hermétique, adaptée à une double soupape à eau dite *de Muller.* L'air inspiré traversait un compteur de précision servant à le mesurer, l'air expiré était recueilli dans un sac de caoutchouc. Chaque expérience durait cinq minutes et l'on en faisait deux à un très court intervalle, la première sur l'animal à l'état normal, la seconde sur l'animal endormi par l'agent à étudier.

» Je réunis en un Tableau tous les résultats relatifs au sommeil provoqué par l'action de la morphine, du chloral et du chloroforme. Les expériences qui ont servi à dresser ce Tableau sont au nombre de vingt ; mais, pour abréger, je ne donne ici que les moyennes, d'autant plus que les résultats des expériences de même nature étaient très concordants.

» Enfin, je laisse de côté les nombres relatifs au quotient respiratoire qui semble varier fort peu, sans doute en raison de la faible durée du sommeil artificiellement provoqué.

Acide carbonique exhalé en cinq minutes.

		Animal endormi		
	Animal éveillé. Respiration normale.	par injection sous-cutanée de $0^{gr},06$ chl. de morph.	par injection intra-veineuse de 2^{gr} de chloral.	par l'air titré en chloroforme 10^{gr} pour 100^{gr}.
	gr	gr	gr	gr
Chien n° 1...........	1,10	0,65	0,41	»
Chien n° 2...........	1,16	0,54	0,35	»
Chienne n° 7.........	2,00	»	»	0,69
Chienne n° 8.........	1,83	»	»	0,65

» De ces chiffres on peut tirer la conclusion suivante :

» *Durant le sommeil provoqué par la morphine, la proportion d'acide carbonique exhalée tombe à la moitié, et durant le sommeil provoqué par le chloral ou au chloroforme, au tiers du chiffre qu'elle atteint pendant le même laps de temps à l'état normal.*

» III. *Les gaz du sang dans l'anesthésie chloroformique.* — La composition des gaz du sang est liée à l'énergie des combustions respiratoires. J'ai donc été naturellement conduit à étudier les modifications apportées par le chloroforme dans les proportions de ces gaz. Paul Bert (¹) prétend

(¹) P. Bert, *Leçons sur la Physiologie comparée de la respiration*, p. 138; 1870.

que, durant l'anesthésie par le chloroforme, la quantité d'oxygène augmente dans le sang. Ses analyses toutefois, il l'avoue lui-même, ont été faites par un procédé très imparfait. Je me bornerai à relater ici trois de mes expériences qui me paraissent de nature à résoudre la question.

» *Première expérience.* — Chien de berger vigoureux, de 15^{kg} environ, intact; mis carotide à nu, pris 20^{cc} de sang A; endormi par l'air titré en chloroforme (10^{gr} par hectolitre) : agitation, anhélation, insensibilité et résolution musculaire au bout de treize minutes; pris alors de nouveau 20^{cc} de sang B.

	Sang A.	Sang B.	Sang C.	Sang D.
	cc	cc	cc	cc
CO^2	35,98	25,48	46,10	56,65
O	21,86	22,34	21,05	17,50
Az	2,40	2,88	2,75	2,30
	60,24	50,70	69,90	76,45

» La conclusion de Paul Bert semblait donc justifiée par la première expérience, dans laquelle le sang avait été pris au début de l'anesthésie; mais un examen plus attentif me fit soupçonner que la légère augmentation de l'oxygène et la forte diminution de l'acide carbonique étaient dues à l'anhélation presque constante qui accompagne, chez les chiens, la période d'agitation. Dans la seconde expérience, je ne prélevai donc l'échantillon du sang que beaucoup plus tard.

» *Deuxième expérience.* — Chien de rue de 8^{kg}, affaibli par suppuration; mis fémorale à nu, pris 20^{cc} de sang C; endormi par air titré en chloroforme (10^{gr} par hectolitre); après quarante minutes de sommeil non interrompu, prélevé 20^{cc} de sang D.

» Cette fois, les résultats sont inverses.

» *Troisième expérience.* — Chien de montagne très vigoureux, de 20^{kg}, intact; mis fémorale à nu, trachéotomie, canule dans la trachée; vingt minutes après les opérations, pris 20^{cc} de sang A; immédiatement après, endormi par l'air titré en chloroforme : agitation, anhélation, l'insensibilité et la résolution sont obtenues au bout de douze minutes; pris à nouveau 20^{cc} de sang B; maintenu l'anesthésie sans interruption pendant quarante-cinq minutes : à ce moment, pris encore 20^{cc} de sang C. Obtenu au moyen de la pompe à mercure pour 100^{cc}:

	Sang A.	Sang B.	Sang C.
	cc	cc	cc
CO^2	40,85	36,40	50,62
O	15,20	15,05	12,88
Az	2,45	2,85	3,05
	58,50	54,30	66,55

» On peut donc conclure que :

» *Durant l'anesthésie chloroformique suffisamment prolongée, le sang s'ap-*

pauvrit en oxygène et se charge d'une plus grande quantité d'acide carbonique (1). »

PHYSIOLOGIE. — *Sur l'absence de microbes dans l'air expiré.* Note de MM. **I. Straus** et **W. Dubreuilh**, présentée par M. Bouchard.

« Lister, le premier, a fait l'observation que « l'air introduit dans la
» cavité pleurale par suite d'une fracture simple des côtes (sans plaie exté-
» rieure) produit des effets tout différents et infiniment moins graves que
» ceux résultant d'un pneumothorax consécutif à une plaie pénétrante de
» poitrine ».... « Ce fait, ajoutait-il, fut pour moi un mystère, jusqu'à ce
» que, grâce à la théorie des germes, je compris qu'il est naturel que l'air
» fût filtré par les bronches, dont l'un des offices est d'arrêter les parti-
» cules de poussière inhalées et de les empêcher d'entrer dans les vésicules
» pulmonaires. »

» Cette explication de Lister fut confirmée expérimentalement par Tyndall, qui montra que l'air expiré est, selon son expression, *optiquement pur;* c'est-à-dire que, traversé par un faisceau lumineux, il ne manifeste pas de traînée lumineuse dans une chambre noire. Cet air est donc privé de toute particule en suspension capable de diffuser la lumière (2).

» Nous nous sommes proposé de vérifier, par les méthodes bactériologiques, le fait physique signalé par Tyndall.

« Nous nous sommes servis de flacons à deux tubulures, remplis de bouillon alcalinisé et stérilisé. L'un des tubes, par lequel arrivait l'air expiré, était effilé à son extrémité inférieure, qui plongeait au fond du liquide; l'air expiré barbotait ainsi, en bulles très fines, à travers une couche épaisse de bouillon et devait se dépouiller à peu près complètement des particules solides qu'il pouvait contenir. Dans un certain nombre d'expériences, le bouillon maintenu à une température de 25° fut additionné de gélatine, afin d'augmenter la viscosité du liquide et de prolonger ainsi le contact des bulles avec le liquide. Les séances d'expiration étaient d'environ une demi-heure pour chaque flacon; le liquide de chaque flacon était donc traversé par 250^{lit} à 300^{lit} d'air expiré (3). Les flacons étaient ensuite mis pendant plusieurs jours à l'étuve à 35°.

---

(1) Ce travail a été fait au laboratoire de M. le professeur Rouget.

(2) Voir Tyndall, *Les Microbes,* trad. française de L. Dollo; p. 30, 42 et 52. Paris, 1882.

(3) L'expiration faite lentement avait lieu à la suite d'une inspiration lente et profonde.

» Le plus grand nombre de ces flacons demeurèrent stériles; quelques-uns seulement se troublèrent par une végétation de micro-organismes ou laissèrent se développer des moisissures. Mais ces cas étaient exceptionnels et en partie, sans doute, attribuables à des fautes de manipulation (projection d'un peu de salive, expiration trop brusque, etc.) ([1]).

» Ces expériences sont donc entièrement confirmatives de celles de Tyndall. Elles tendent à démontrer que l'air expiré, de même qu'il est *optiquement pur*, est presque complètement privé de microbes. Le poumon joue donc réellement, pour les micro-organismes, le rôle de filtre que Lister lui attribue. Le mécanisme de cette filtration se conçoit aisément, si l'on réfléchit aux conditions dans lesquelles l'air circule dans le poumon, dans des canaux d'une étroitesse extrême et tapissés par un épithélium humide.

» Divers expérimentateurs se sont appliqués à retrouver, dans l'air expiré, des microbes pathogènes, mais toujours, à notre connaissance, sans résultat.

» M. Grancher a fait un grand nombre d'expériences sur l'air expiré par les phtisiques; jamais il n'a pu y déceler la présence du bacille de Koch ou de ses spores. MM. Charrin et Karth ont fait des recherches analogues avec les mêmes résultats négatifs.

» De l'ensemble de ces faits, on peut tirer la conclusion que les hommes ou les animaux réunis dans un espace confiné, loin de souiller l'air par leur respiration, tendent, au contraire, à le purifier, *en ce qui concerne les microbes;* il doit en être ainsi, puisque l'air, à sa sortie des poumons, renferme moins de microbes qu'à l'entrée. Cette donnée n'infirme en rien le fait constaté depuis longtemps par MM. Pasteur, Lemaire, Miquel, etc., à savoir que les microbes sont très abondants dans l'air des locaux encombrés (salles d'hôpital, casernes, etc.). L'acte de la respiration n'est pour rien dans ce phénomène; ce n'est pas par l'air qu'ils expirent, par leur *haleine* que les hommes agglomérés chargent l'air ambiant de microbes; c'est par leurs vêtements, par les poussières que leurs mouvements occasionnent, par leur expectoration desséchée sur le plancher et soulevée

---

([1]) Nous avons aussi cherché à déterminer l'endroit exact de l'arbre respiratoire où s'effectuent l'arrêt et sans doute aussi la destruction des bactéries introduites pendant la respiration. Pour cela, nous avons examiné un certain nombre de poumons de grands animaux (bœufs, chevaux) au moment même où ils venaient d'être mis à mort; mais ni les colorations ni la culture ne nous ont donné des indications suffisamment précises pour permettre de nous prononcer à cet égard.

plus tard sous forme pulvérulente que s'effectue la dissémination des microbes dans l'air. La respiration des hommes apporte, dans un espace clos, son contingent de gaz nuisibles; mais elle tend à *purifier* l'air des microbes qu'il contient. »

ANATOMIE ANIMALE. — *Sur l'excrétion chez les Crustacés décapodes brachyoures.* Note de M. P. MARCHAL, présentée par M. de Lacaze-Duthiers.

« L'appareil excréteur des Décapodes n'avait guère été étudié jusqu'ici que chez l'Écrevisse. Pendant mon séjour à Roscoff, au laboratoire de M. de Lacaze-Duthiers, j'ai recherché si les Décapodes brachyoures ne présenteraient pas à ce point de vue quelques modifications intéressantes. L'animal pris comme type dans cette étude a été le *Maia squinedo*.

» I. L'appareil excréteur est pair et se compose, chez les Brachyoures comme chez les Macroures, de trois parties : glande, vessie et canal excréteur. Les deux vessies offrent un volume énorme et occupent toute la partie sternale de la région céphalique située en avant de la bouche. Chacune d'elles présente trois parties : un *vestibule*, une *vessie proprement dite*, et une *arrière-vessie*. Au point de jonction de l'arrière-vessie et de la vessie, se trouve caché sous un pont tendineux l'orifice de la glande. A la partie antéro-externe de la vessie, dans la dépression profonde en forme d'entonnoir formée par le vestibule, débouche le canal excréteur. Ce dernier peut être suivi jusqu'à l'extérieur où il s'ouvre au-dessus du cadre buccal au niveau d'une pièce calcaire mobile.

» Décrite par Milne-Edwards sous le nom de *tubercule auditif*, en raison du rôle que lui attribuait à tort cet auteur, cette pièce est formée d'une plaque quadrangulaire mobile autour d'une charnière externe. Si l'on soulève cette pièce par son angle interne, on croit qu'elle se continue de toutes parts avec les téguments par l'intermédiaire de deux membranes chitineuses souples et fines qui, en se relâchant et se tendant simultanément, permettent le jeu de la plaque mobile autour de sa charnière.

» La membrane antérieure est beaucoup moins haute que la membrane postérieure, de sorte que, lorsque ce tubercule est soulevé, la membrane antérieure est entièrement déplissée et tendue, la membrane postérieure se trouvant, au contraire, invaginée dans une bonne partie de son étendue. La dépression formée par cette invagination présente absolument l'aspect d'un orifice dont la plaque calcaire serait l'opercule ; mais cette dépression

n'est qu'un cul-de-sac et l'orifice du canal excréteur se présente sous la forme d'une longue fente transversale traversant obliquement la partie dévaginée de la membrane postérieure; cette partie, pour éviter le plissement, est maintenue solidement tendue par un cadre calcaire rappelant par sa forme un étrier et dont le rôle a été précédemment assimilé à celui de l'osselet, désigné sous ce nom chez les Vertébrés supérieurs. Deux muscles, l'un dépresseur, l'autre élévateur, président au fonctionnement de l'appareil. En résumé, l'appareil précédent peut être assimilé à un tubercule excréteur de Macroure, ayant la faculté de rentrer à l'intérieur de la carapace ou de faire saillie à l'extérieur, au gré de l'animal.

» II. Lorsque l'appareil est à l'état de repos, la plaque calcaire se trouve de niveau avec la carapace, et l'orifice excréteur est absolument caché.

» Au contraire, lorsque le muscle élévateur se contracte, la plaque calcaire s'élève et les membranes chitineuses qui s'y insèrent sont mises à découvert. Il en résulte la formation d'un véritable tubercule excréteur homologue de celui des Macroures. De cette façon, l'orifice excréteur qui se trouve sur l'une des membranes devient apparent et peut évacuer directement au dehors le liquide excrété. L'animal étant à sec et dans certaines conditions, on peut constater l'expulsion du liquide.

» Enfin, en immobilisant un Maïa bien portant dans un des bacs de l'aquarium, j'ai vu fonctionner les tubercules deux fois en l'espace d'une heure et demie. Le tubercule se soulève; il se maintient ainsi pendant quelques instants, puis il s'abaisse et est animé alors de petits mouvements de va-et-vient destinés sans doute à expulser les dernières gouttes du liquide excrémentitiel. En même temps, les palpes des deuxième et troisième petites mâchoires sortent complètement du cadre buccal et sont animés d'un mouvement ondulatoire très rapide destiné évidemment à chasser le liquide excrété loin de la bouche et de la cavité branchiale. C'est là certainement l'une des attributions des palpes les plus importantes. Ce mouvement se produit à l'instant même où les tubercules se soulèvent.

» Les deux vessies ne se vident pas nécessairement ensemble, et leur fonctionnement peut être indépendant. La déplétion de la vessie se fait grâce à l'action de faisceaux musculaires agissant à la façon de véritables sangles : il se peut aussi que la vessie soit contractile par elle-même; enfin le jeu du tubercule doit exercer une aspiration favorable à l'émission du liquide. D'autre part, il résulte de la disposition oblique du canal que les

deux lèvres s'appliquent l'une contre l'autre et en ferment l'accès lorsque la pression vient de l'extérieur; l'inverse se produit lorsque la pression vient de l'intérieur : il est donc impossible à l'eau de mer de pénétrer dans la vessie alors même que le tubercule est soulevé.

» La quantité de liquide excrétée est considérable et en rapport du reste avec la capacité des vessies. Sur un seul Maïa pesant 780^{gr} j'ai retiré en quelques instants 13^{cc} de liquide, un autre m'a donné jusqu'à 17^{cc}. Le liquide retiré est parfaitement limpide, incolore, ou d'une teinte très légèrement jaunâtre, de saveur fortement salée. Sa densité prise au pèse-urine est de 1030. »

ZOOLOGIE. — *La faune des Crustacés podophthalmes du golfe de Marseille.* Note de M. **Paul Gourret**, présentée par M. de Lacaze-Duthiers.

« Dans une « Revision des Crustacés podophthalmes », que je me propose de publier bientôt, le nombre des Podophthalmes s'élève à 124 espèces ou variétés, dont onze nouvelles. Ce sont :

» Pinnotheres Marioni, Galathea Parroceli, Crangon Lacazei, Gnathophyllum elegans var. brevirostris, Alpheus Gabrieli, Hippolyte Marioni, Pontonia vagans, Callianassa subterranea var. minor, Siriella intermedia, Leptomysis Marioni et Nebalia bipes var. elongata.

» Cette riche faune présente une très grande ressemblance avec celle de la mer Adriatique : 90 espèces sont en effet communes. La similitude est presque aussi étroite avec la faune carcinologique de Naples, de Nice et de l'Algérie. Le nombre des espèces communes oscille alors entre 82 et 66 espèces. Mais l'écart devient très sensible si l'on compare les stations précédentes à la faune carcinologique espagnole (îles Baléares et Madère). Celle-ci paraît renfermer seulement 34 espèces signalées à Marseille. Cette différence ne semble pas être le résultat d'une différence de latitude, mais provient sans doute de l'imperfection de la Science au sujet des faunes espagnoles.

» D'autre part, certaines espèces citées à Marseille n'existent dans aucune des stations méditerranéennes principales. Telles sont :

» Plagusia chabrus, Pachygrapsus transversus, Ebalia nux, Eupagurus bernhardus et lævis, Axius stirhynchus, Gebia deltura, Munida tenuimana, Galathodes Marionis et Crangon trispinosus.

» De ces espèces, il convient de retrancher les deux premières, importées exceptionnellement à Marseille par les navires retour du Pacifique, ainsi que *Ebalia nux*, *Eupagurus lœvis*, *Munida tenuimana* et *Galathodes Marionis*, toutes espèces draguées dans les grands fonds. Il reste donc 4 espèces, présentant un fait de cantonnement très curieux, bien que *Gebia deltura* ait été rencontrée par Costa dans le golfe de Tarente, et que *Eupagurus bernhardus* ait été signalé à la Spezia par Neumann.

» Dans le même ordre d'idées, on constate que 11 espèces marseillaises se retrouvent dans une seule autre localité méditerranéenne ou dans quelques points très éloignés de Marseille et distants les uns des autres. C'est le cas de :

» Gebia deltura, Axius stirhynchus, Eupagurus bernhardus et timidus, Crangon trispinosus et spinosus, Atelecyclus heterodon, Macropsis Slabberi, Siriella Clausii, armata et crassipes.

» Par contre, certaines espèces se rencontrent dans toutes les localités, aussi bien à Nice qu'à Naples, dans l'Adriatique qu'en Algérie ou sur la côte occidentale d'Espagne. Telles sont :

» Heterograpsus Lucasii, Pachygrapsus marmoratus, Carcinus mænas, Pisa tetraodon et Gibbsii, Stenorhynchus phalangium et longirostris, Ilia nucleus, Dromia vulgaris, Clibanarius misanthropus, Pagurus striatus, Eupagurus anachoretus et Prideauxii, Scyllarus ursus, Nika edulis et Crangon cataphractus.

» Ce sont des espèces particulières aux mers tempérées, à l'exception de *Clibanarius misanthropus* qui, bien que n'existant pas dans le sud-ouest de la France ni dans les mers anglaises, a été signalé dans les provinces boréales. Certaines autres se rencontrent seulement le long des côtes occidentales de la France, sans dépasser la Manche au nord. Tels sont *Pachygrapsus marmoratus* et *Carcinus mœnas*. D'autres encore remontent plus haut et abondent en Angleterre. Ce sont :

» Pisa Gibbsii, Stenorhynchus phalangium et longirostris, Dromia vulgaris, Eupagurus Prideauxii, Scyllarus ursus et Nika edulis.

» Enfin une seule, *Pisa tetraodon*, existe en Angleterre, mais semble faire défaut en Gascogne.

» Du reste, parmi les 124 espèces marseillaises, 45 sont communes avec la Gascogne. La ressemblance est au moins aussi étroite avec la faune carcinologique anglaise, puisqu'il y a 55 espèces communes. Mais, en remontant plus au nord, les affinités deviennent plus lointaines et les pro-

vinces boréales comptent à peine 33 espèces qui se rencontrent aussi à Marseille. Toute relation cesse enfin si l'on considère les mers arctiques. Trois espèces seulement sont communes : *Geryon longipes, Eupagurus bernhardus* et *Nebalia bipes;* et encore deux d'entre elles, la première et la troisième, sont-elles abyssales.

» En comparant la faune podophthalmaire de Marseille avec celle des pays placés plus au sud, on constate d'abord une similitude presque parfaite. Les côtes septentrionales de l'Algérie abritent en effet 71 espèces communes avec Marseille. La ressemblance est donc bien plus étroite entre Marseille et Alger qu'entre la première de ces villes et le littoral océanique de France.

» La faune des Canaries contient à peine 25 espèces du golfe de Marseille, chiffre s'élevant à 32 en comptant quelques espèces de la Sénégambie et du cap Vert. Ce sont :

» Plagusia squamosa, Nautilograpsus minutus, Pachygrapsus marmoratus, Gonoplax rhomboides, Carcinus mænas, Bathynectes longipes, Liocarcinus holsatus, Portunus corrugatus et pusillus, Eriphia spinifrons, Xantho rivulosa, Lambrus massena, Pisa armata et tetraodon, Maia squinado, Inachus dorynchus, Calappa granulata, Dorippe lanata, Dromia vulgaris, Porcellana platycheles et longicornis, Diogenes varians, Galathea strigosa et squamifera, Virbius viridis, Eupagurus excavatus et Prideauxii, Scyllarus ursus, Gnathophyllum elegans, Palæmon treillianus et Squilla Mantis.

» En somme, la faune podophthalmaire de Marseille comprend 33 espèces qui se retrouvent dans les provinces boréales et 33 espèces communes avec les Canaries, le cap Vert et la Sénégambie. En outre, parmi ces dernières, 10 ne remontent pas plus haut que Marseille ou que le Portugal. Telles sont :

» Plagusia squamosa, Nautilograpsus minutus, Lambrus massena, Pisa armata, Ethusa mascarone, Dorippe lanata, Pagurus striatus, Diogenes varians, Gnathophyllum elegans et Palæmon treillianus.

» Le golfe de Marseille constitue donc un centre géographique très important. La faune podophthalmaire, aussi bien que les autres faunes d'Invertébrés qu'il renferme, présente un caractère mixte, celui de contenir des espèces boréales et des espèces tropicales. Ce facies original constitue une preuve indéniable des communications largement ouvertes pendant l'époque tertiaire, d'une part avec les provinces boréales par le

golfe de Gascogne et le sud de l'Espagne, d'autre part avec l'Atlantique équatorial [1]. »

GÉOLOGIE. — *Sur des recherches pour l'exploitation de la craie phosphatée en Picardie*. Note de M. N. DE MERCEY, présentée par M. Hébert.

« C'est il y a un an, et dans les circonstances que j'ai eu l'honneur d'exposer à l'Académie [2], que j'ai entrepris l'étude des deux gisements autrefois découverts par moi, et à l'occasion de l'un desquels avait été émise la première pensée d'une exploitation des phosphates en Picardie.

» Un des problèmes consistait à bien reconnaître les rapports du phosphate riche avec la craie phosphatée ordinaire.

» L'opinion de Cornet, pour la Belgique et la Somme, et celle de M. S. Meunier, pour la dernière contrée, était que ce phosphate provenait d'une altération subaérienne de la craie phosphatée.

» Mais, à Mesvin-Ciply, le dépôt recouvrant immédiatement le phosphate riche était du sable landénien; à Beauval, c'était du bief à silex oligocène. Il eût fallu attribuer une même action à chacun de ces dépôts si différents, et il n'était pas possible de faire intervenir une altération quaternaire.

» Cette altération devait être due à une autre cause; elle pouvait provenir de phénomènes internes, peut-être discernables dans la masse phosphatée que je croyais pouvoir rencontrer, à Hardivillers et à Hallencourt, sous des épaisseurs notables de craie à silex à *Belemnites quadratus*.

» En effet, en perçant cette craie jusqu'à des profondeurs atteignant 20^m, je pus rencontrer des veines ou des couches de phosphate riche intercalées dans toute la masse de la craie phosphatée ordinaire et déterminer avec précision l'allure souterraine des gisements phosphatés.

» J'opérai par des puits de préférence aux sondages qui, dans la craie à silex, sont très peu praticables. Je reconnus que ces gisements formaient des amas lenticulaires, dans lesquels la richesse en acide phosphorique allait en croissant des bords vers les parties centrales et en même temps que l'épaisseur des couches; ce qui conduit à cette loi : que la richesse, dans les gisements de phosphate, est en raison de l'épaisseur des couches et du voisinage des centres.

---

(1) Laboratoire de Zoologie marine de Marseille.

(2) *Comptes rendus*, t. CV, p. 1083; 1887.

» Cette disposition est celle des bassins de sources minérales sous-marines littorales, qui ont fonctionné en Picardie au commencement du dépôt de la craie à *Belemnites quadratus*.

» Les bords de ces bassins s'élèvent jusqu'à 30^m au-dessus des points les plus profonds.

» L'épaisseur des couches varie depuis un maximum de 17^m jusqu'à 0^m.

» Leur structure montre qu'elles ont d'abord rempli tout le bassin en se déposant à l'état de craie phosphatée dans laquelle le phosphate de chaux se présente à l'état de grains ou de dragées de couleur brune, depuis des dimensions à peine visibles à l'œil nu jusqu'à quelques millimètres ou même en rognons. La teneur en acide phosphorique, de quelques centièmes sur les bords, excepté quand la couche est réduite à un lit mince qui est alors assez riche, va en s'accroissant de façon à atteindre, dans les couches épaisses et centrales, 18 pour 100.

» Des inclusions granulaires, des veines ou lits intercalés de phosphate riche contiennent jusqu'à 30 pour 100 d'acide phosphorique. L'épaisseur de ces couches riches arrive rarement à 1^m, tandis qu'à Beauval et dans les localités voisines, le phosphate riche traverse souvent toute la masse de la craie phosphatée, en remplissant des excavations coniques, qui semblent avoir été creusées, de bas en haut, par les eaux minérales phosphatées dans leur dernière période de fonctionnement.

» Le fond des bassins ouverts dans la craie à *Micraster cor-anguinum*, endurcie et tubulée, est recouvert d'un enduit brun, nacré, que j'avais signalé en 1863 et qui est formé de phosphate de chaux presque pur.

» Sur les bords, l'aragonite, en très petits cristaux, remplace quelquefois la craie farineuse et très facile à séparer du phosphate de chaux par aération ou décantation.

» Les fossiles sont souvent abondants, notamment le *Belemnites quadratus* et plusieurs espèces de Squales, parmi lesquelles l'*Oxyrhina raphiodon*, dont j'ai décrit les dents en 1867. D'autres fossiles, rares ordinairement, se montrent surtout à la base du dépôt.

» Les axes des bassins suivent les lignes d'émanation des sources minérales phosphatées, dont les traces profondes pourront être reconnues dans des explorations méthodiques. C'est ainsi que j'ai atteint, à Hallencourt, dans la craie à *Micraster cor-anguinum*, une veine de phosphate riche dosant 29 pour 100 d'acide phosphorique.

» Ces lignes d'émanation ou lignes faibles de l'écorce ont coïncidé plus tard avec les accidents du sol, conjugués comme l'a démontré M. Daubrée,

et dont j'ai moi-même reconnu les rapports avec les directions de l'Oise et de la Somme.

» L'étendue des bassins est toujours très limitée; elle peut être déterminée avec exactitude au moyen des procédés employés dans les recherches de bassins miniers et en rattachant l'étude souterraine au nivellement de la surface du sol.

» A Hardivillers, j'ai indiqué une longueur d'axe de 1500^{m} pour la seule lentille encore étudiée et dont la direction est celle de l'Oise.

» A Hallencourt, il y a deux lentilles dont les axes conjugués suivent les directions de l'Oise et de la Somme. L'importance de chacune de ces lentilles est à peu près égale. L'étendue totale du gisement est de 66^{ha}, répartis sur les territoires des trois communes d'Hallencourt, de Dreuil-Hamel et de Wanel, et dont le morcellement a constitué le principal obstacle que j'ai eu à surmonter dans cette étude effectuée comme une recherche régulière de mines.

» Les axes des gisements de Beauval et des localités environnantes sont, également, en rapport avec les directions de la Somme et de l'Oise. Les allures souterraines de ces gisements sont encore indéterminées, par suite de l'exploitation limitée au phosphate riche.

» Les cubes reconnus à Hallencourt et à Hardivillers sont d'environ trois millions de mètres cubes, répartis à peu près également entre les deux gisements.

» Les produits de l'exploitation des gisements de craie phosphatée en Picardie, sous les trois formes : 1° de phosphate riche naturel; 2° de phosphate enrichi par traitement; 3° de craie phosphatée ordinaire, paraissent destinés : le premier, à décroître vite, par suite de sa faible importance géologique; le second, à se développer plus ou moins, suivant les résultats fructueux ou non des opérations d'enrichissement; le troisième, à prendre un développement qui ne saurait être trop grand pour répondre aux besoins de l'agriculture.

» L'industrie des phosphates de la craie pourra-t-elle se propager dans d'autres parties du bassin de Paris? La coupe du gisement d'Hardivillers que j'ai donnée à la Société géologique de France, les communications que je compte avoir l'honneur de faire à l'Académie pourront peut-être amener de nouvelles découvertes. Il ne faut pas oublier que les gisements actuels ont été reconnus, tout d'abord, par Buteux et par moi-même au moyen de très faibles indices. Des recherches, dont j'entrevois l'utilité sur certains points, pourront arriver à donner des résultats, surtout s'il devient pos-

sible de les effectuer régulièrement et sans obstacles, d'après les données de la science géologique et les règles de l'art des mines, dont ces études seront une des applications les plus utiles. »

Observations de M. Hébert *sur la classification de la craie, à propos du Mémoire de M.* de Mercey.

M. Hébert, en communiquant à l'Académie ce Mémoire de M. N. de Mercey, dit qu'il est heureux de confirmer les titres de ce savant à la découverte des phosphates en Picardie, en 1863, et sa compétence en ce qui touche la connaissance de la craie. M. de Mercey peut, mieux que personne, fournir dès maintenant les documents relatifs aux gisements des phosphates et à leur extension souterraine.

« Toutefois, M. Hébert fait une légère réserve sur un point de ce travail : la classification des couches crayeuses qu'adopte M. de Mercey (*ante,* p. 1085) diffère de la sienne, non au point de vue de la succession des assises, mais sous le rapport de la nomenclature.

» D'Orbigny a donné le nom d'*étage sénonien* à la craie de Champagne et de Picardie, y compris la craie à Micrasters. M. de Mercey détache cette dernière de l'étage sénonien et lui donne le nom d'*étage santonien* (craie de Saintes). Cette modification ne paraît pas nécessaire. Les différences entre la craie à Bélemnitelles, partie supérieure du sénonien, signalées par M. Hébert dès 1858 (1), et la craie à Micrasters ne sont pas d'une telle importance que l'on doive en constituer deux étages distincts.

» En second lieu, M. de Mercey, à l'exemple d'autres savants, réunit à l'étage sénonien des assises qui, pour M. Hébert, font essentiellement partie de l'étage suivant (*danien*). La craie de Meudon, en effet, se sépare de toutes les assises crétacées plus récentes, non seulement en raison de la différence des faunes, mais aussi par une grande discordance de stratification. Cette craie s'étend en effet sur tout le nord de l'Europe, depuis l'Irlande et le sud de l'Angleterre jusqu'en Suède, tandis que toutes les assises supérieures sont limitées à des bassins très peu étendus, soit en France, soit en Belgique, soit en Scandinavie. Ces bassins sont dus à des dénudations ou ravinements souvent considérables, indiquant des invasions

---

(1) *Bull. Soc. géolog. de France,* 2e série, t. XVI, p. 144 et suiv.

et des retraits successifs de la mer, et qui se sont répétés à chaque changement d'assises : c'est un des principaux caractères de la *période danienne*.

» Ce motif et beaucoup d'autres, qu'il serait trop long de développer, ont depuis longtemps amené M. Hébert à placer la limite des étages sénonien et danien au-dessous, non seulement de la craie phosphatée de Ciply, mais même au-dessous de la craie de Spiennes, conformément au Tableau suivant :

Danien	supérieur	Calcaire pisolithique. Calcaire de Faxoe, etc.
	moyen	Tuffeau de Maëstricht. Craie phosphatée de Ciply.
	inférieur	Craie de Spiennes.
Sénonien	supérieur	Craie à *Belemnitella mucronata*. Craie à *Belemnitella quadrata*.
	moyen	Craie à *Micraster cor-anguinum*. Craie à *Micraster cor-testudinarium*.
	inférieur	Craie de Villedieu, Cognac, etc.

GÉOLOGIE. — *Sur le gisement de diamants de Cocaës, province de Minas Geraës (Brésil)*. Note de M. H. Gorceix, présentée par M. Daubrée.

« J'ai déjà eu l'honneur, dans diverses Communications, de présenter à l'Académie le résumé des observations et des études que j'ai faites sur les gisements de diamants du Brésil, au point de vue de leur nature, de leur horizon géologique et des minéraux qui accompagnent cette pierre précieuse. De ces travaux, exécutés sur des matériaux de provenance sûre, la plupart recueillis par moi-même, j'ai cru pouvoir conclure :

» 1° Que le diamant, au Brésil, est constamment accompagné d'une série de minéraux où dominent les oxydes de titane, le fer oligiste, la martite, et surtout remarquable par la présence, souvent en quantité considérable, du monazite et du xénotime dont j'ai pu séparer déjà plusieurs kilogrammes; le corindon est rare et je ne l'ai rencontré en quantité notable que dans les graviers diamantifères de Salobro, province de Bahia;

» 2° Que le diamant exploité, en général, au Brésil, dans des alluvions quaternaires, avait son gisement primitif dans les quartzites micacés (itacolumites) et schistes micacés qui font partie du second terme de la série des terrains métamorphiques de Minas Geraës, dont l'horizon géologique ne

peut encore être fixé d'un mode certain, aucun fossile n'y ayant été découvert, et que provisoirement je désigne sous le nom d'*archéens;*

» 3° Que le diamant existe encore dans certaines roches de cette série, où il forme des dépôts analogues à ceux des topazes ou même à certains gisements aurifères, et que son origine était la même que celles des oxydes de titane, des oxydes de fer qui l'accompagnent.

L'étude du gisement de Cocaës, que j'ai visité récemment et sur lequel aucun travail n'a été publié, vient encore confirmer cette hypothèse. Il est situé à 50^{km} au nord d'Ouro-Preto, au milieu même du district aurifère de la province de Minas Geraës. Sa découverte date de 1860; l'extrême petitesse des diamants qu'il fournit et le peu d'importance des couches de gravier en ont fait abandonner l'exploitation depuis plus de quinze ans. Il occupe une espèce de cirque irrégulier de quelques kilomètres carrés de superficie, sur un plateau dont le centre est à 1100^{m} au-dessus du niveau de la mer et qui se trouve placé sur la ligne de faîte de la grande chaîne de séparation des eaux du bassin du São Francisco de celui du Rio Doce. Ce plateau domine toute la région environnante; au Nord et à l'Ouest, il est séparé par de profondes vallées des massifs de Caraça et da Piedade qui, seuls, dans cette région, sont plus élevés que lui. Ce plateau, sur une épaisseur de plus de 120^{m}, est entièrement formé d'une roche de grains de quartz irréguliers, sans ciment, avec mica plus ou moins abondant, à laquelle, quel que soit son degré de flexibilité et de schistosité, j'ai donné le nom de *quartzite micacé*.

» Les couches, qui courent sensiblement nord-sud, sont relevées de 20° à 30° vers l'ouest. Sur le bord ouest, coupé à pic, on voit nettement la superposition de cette roche aux micaschistes qui eux-mêmes reposent sur des granites gneissiques, base de tous les dépôts archéens de la partie centrale de Minas Geraës. Sur le plateau, il n'y a pas traces de roches éruptives. Elles sont représentées à l'est, à sa base, par une nappe de gabbre qui s'est fait jour au milieu des granites et, au sud et à l'ouest, par des filons de diabases et de diorites qui traversent les schistes micacés aurifères des environs de la ville de Caété. Les graviers diamantifères occupent le lit d'un des rares petits ruisseaux qui prennent naissance sur le plateau; ils ont été exploités depuis sa source jusqu'à sa sortie du cirque, à partir duquel il a été canalisé pour le service d'une exploitation d'or. Les autres petits ruisseaux qui sillonnent le fond du cirque, et séparés de lui par quelques centaines de mètres, au dire des chercheurs de diamants, n'en contiennent pas; ce qui est facile à contrôler, c'est que

les roches sur lesquelles ils coulent sont toutes de même origine. Dans le gravier du petit cours d'eau diamantifère, j'ai rencontré, outre un diamant, la série des minéraux suivants : anatase, rutile, fer titané, magnétite, oligiste, martite, tournaline, monazite, disthène, fibrolite, quartz, or. Ces éléments, sauf le quartz, sont à peine roulés.

» L'anatase qui, après le quartz et le fer titané, est le plus abondant, est en cristaux jaunes, gris verdâtre, bleus dont quelques-uns ont conservé tout leur éclat et la vivacité de leurs arêtes. Le rutile est en cristaux aplatis, jaune de miel ou rougeâtres, tels qu'on les trouve en place dans les schistes diamantifères de São João da Chapada. On ne peut avoir le moindre doute que ces minéraux, comme le diamant, ne proviennent des quartzites micacés et l'on peut suivre dans les petites cascades formées par les filets d'eau qui tombent du bord ouest la transformation des fragments anguleux de quartz hyalin en éléments arrondis.

» Dans ces quartzites le diamant et ses satellites ne sont pas disséminés irrégulièrement sur tous les points; ils occupent certainement une bande étroite dirigée est-ouest, direction d'un grand nombre de filons aurifères de Minas Geraës, et où il faut les chercher dans les petites veines de quartz hyalin que l'on rencontre fréquemment au milieu des quartzites et sur lesquelles doivent porter de nouvelles recherches pour y vérifier l'existence du diamant. La disposition du gisement, telle que je viens de l'indiquer, suffit, il me semble, pour éloigner l'idée que le diamant à Cocaës proviendrait de gisements plus anciens placés dans une roche, aujourd'hui détruite, et dont les éléments ont fourni ceux des quartzites micacés, hypothèse qu'il serait impossible d'ailleurs d'admettre pour l'anatase, le rutile, la martite, l'oligiste en cristaux à angles si nets. Seule l'hypothèse de l'origine filonienne du diamant, au Brésil, et à laquelle me ramènent toujours mes observations, explique bien sa localisation à Cocaës dans une direction bien déterminée et la présence constante avec lui de minéraux dont on ne peut nier la formation au milieu même des roches où ils se trouvent. »

GÉOLOGIE. — *Sur les éruptions de la région du Mézenc, vers les confins de la Haute-Loire et de l'Ardèche.* Note de M. Termier, présentée par M. Fouqué. (Extrait.)

« 1° On peut séparer les trachytes phonolithiques (phonolithes) du Velay en deux catégories basées sur le plus ou moins d'acidité. Dans la première

catégorie, le fer oxydulé et le pyroxène sont rares; l'amphibole est presque absente. Le pyroxène est vert, un peu polychroïque, sodifère, très semblable à l'acmite par beaucoup de ses caractères; il apparaît d'ailleurs dans les deux stades de consolidation. Le sphène est fréquent. Les microlithes d'oligoclase sont exceptionnels. Dans la deuxième catégorie, la magnétite est fréquente, épigénisant souvent de grands cristaux d'amphibole. Le pyroxène, très abondant, a les caractères habituels de l'augite. Les microlithes tricliniques d'oligoclase s'associent aux microlithes d'orthose.

» Les premiers trachytes phonolithiques sont de beaucoup les plus abondants dans la région du Mézenc. Les seconds dominent, au contraire, dans les environs de Retournac et d'Yssengeaux.

» Il convient de rapporter aux trachytes phonolithiques certaines roches, appelées *trachytes* par Tournaire, où la division tabulaire est peu nette. Telles sont celles qui forment les buttes des Baraques et de Montusclat, non loin de Fay-le-Froid. En revanche, un vrai trachyte s'observe au Mézenc, près du hameau des Imberts. Ce trachyte, remarquable par ses grands cristaux d'apatite, est venu au jour, selon toute vraisemblance, un peu avant les grandes masses phonolithiques.

» Le filon de Chantemerle, dont j'ai parlé plus haut, est également constitué par un trachyte phonolithique à microlithes très aplatis.

» La plupart des buttes phonolithiques de la Haute-Loire sont, comme le pensait Tournaire, des dykes énormes plus ou moins déchaussés par l'érosion. Mais quelques-unes sont des ruines de vastes coulées. Telles sont celle de la Braye d'Alambre, à l'ouest du Mézenc, et celle de Lardeyrol, à l'est de Chaudeyrolles. On les voit, en effet, reposer sur des coulées plus anciennes.

» 2° Les roches désignées par Tournaire sous le symbole *b*P sont nettement distinctes du basalte, avec lequel elles n'alternent jamais. Elles apparaissent habituellement sous des coulées phonolithiques, quelquefois aussi sous le basalte des plateaux. Si la spécification de ces roches est difficile à l'œil nu, elle devient très aisée avec le concours du microscope, qui les partage immédiatement en trois catégories.

» Les premières sont de vrais trachytes phonolithiques; tel est le trachyte du point 1212, à l'est de Fay-le-Froid.

» D'autres sont des trachytes vitreux dont l'éruption a précédé immédiatement ou accompagné celle des trachytes phonolithiques. Peut-être même faut-il n'y voir qu'un magma phonolithique refroidi plus brusquement que celui des grands dykes. Ces roches, généralement très bulleuses,

se trouvent, par exemple, à la Braye d'Alambre et à la Freydère, près de Mondeyres.

» D'autres, enfin, sont des *andésites* non douteuses, plus basiques que les phonolithes et nettement antérieures à ces derniers. Ces andésites contiennent généralement de grands cristaux de labrador et d'amphibole. Elles représentent, dans la région du Mézenc, l'équivalent des dernières éruptions andésitiques du Cantal, mais elles ne forment que des coulées peu puissantes et peu étendues. Telle est la coulée d'andésite des Hauts-Ribes, à l'est de Chaudeyrolles. Cette coulée est nettement enclavée entre le trachyte phonolithique de Lardeyrol et la labradorite de Vahille. Telle est aussi l'andésite à mica noir et pyroxène de Praneuf, dans la vallée de la Saliouse.

» 3° Toutes les laves noires du Mézenc ne sont pas des basaltes. Les parois du cirque de Chaudeyrolles sont constituées par des coulées assez puissantes d'une labradorite augitique à pyroxène et amphibole, qui se distingue nettement du basalte par la très grande rareté de l'olivine. C'est cette roche qui encaisse le filon de phonolithe de Chantemerle. C'est elle qu'on retrouve à Vahille et à La Destourbe, au-dessous de l'andésite grise. C'est elle encore qui constitue les coulées inférieures du cirque de Cuzet, à l'est du Mézenc.

» A l'œil nu, cette labradorite ressemble beaucoup au basalte. Elle a sa couleur, sa grande densité, son mode habituel de décomposition en petits grains polyédriques. Comme lui, elle alterne avec des couches scoriacées, couleur rouge. Elle s'en distingue cependant quelquefois par une nuance plus claire, une porosité plus grande, une division tabulaire plus nette et plus prononcée.

» Au microscope, cette labradorite apparaît comme une roche peu homogène. Dans une même plaque mince, l'abondance du fer oxydulé varie considérablement d'un point à l'autre. Certains échantillons, moins basiques, renferment de nombreux microlithes d'oligoclase, très fibreux, s'éteignant rigoureusement à zéro entre les nicols croisés; mais les microlithes de labrador semblent presque toujours prédominer.

» A Chaudeyrolles, on voit la labradorite reposer sur des couches de cinérites pliocènes.

» 4° Au-dessus de toutes les éruptions précédentes s'étendent les coulées du basalte des plateaux. Ce basalte est toujours labradorique; l'olivine y est toujours très abondante. C'est lui qui forme les plateaux de Fay-le-Froid, de Saint-Front, de Saint-Clément; il apparaît, au Mézenc même, en nappes sur le trachyte phonolithique et en grands filons traversant ce

trachyte ou la labradorite. Un de ces filons, orienté N. 45° O., coupe l'escarpement occidental du Mézenc. On peut le suivre presque jusqu'au sommet.

» En résumé, les éruptions du Mézenc, quoique beaucoup moins variées que celles de l'Auvergne, présentent cependant une diversité plus grande que ne le croyaient jusqu'ici les géologues. Leur ordre de succession a été le suivant :

» 1. Labradorite augitique à pyroxène et amphibole précédée de tufs et cinérites pliocènes ;

» 2. Andésite à labrador et amphibole et andésite à mica noir et pyroxène ;

» 3. Trachyte inférieur à apatite et trachytes vitreux ;

» 4. Trachytes phonolithiques ou phonolithes de Tournaire ;

» 5. Basalte des plateaux.

» En aucun point du Velay la série complète n'est observable. Il est même probable que la labradorite et les andésites ne se trouveront guère qu'au Mézenc. Je dois dire cependant que j'ai trouvé à Orceroles, près de Retournac, à 50^{km} au nord du Mézenc, en plein granite, un petit filon d'une andésite noire, à labrador et amphibole.

» Quoi qu'il en soit, ces éruptions ont toutes été très limitées, si l'on excepte celle du basalte des plateaux. A l'époque des andésites, des trachytes et des trachytes phonolithiques, les bouches volcaniques étaient extrêmement nombreuses dans le Velay ; mais aucune n'avait l'importance des grands volcans du Cantal et du mont Dore. »

MINÉRALOGIE. — *Sur le gisement du spath d'Islande*. Note de M. **Labonne**, présentée par M. Fouqué.

« Pendant les deux missions scientifiques en Islande que M. le Ministre de l'Instruction publique a bien voulu me confier dans les années 1886 et 1887, j'ai eu occasion d'étudier la mine du spath d'Islande, substance dont la rareté préoccupe à juste titre les laboratoires de Physique et de Minéralogie.

» J'ai l'honneur d'appeler l'attention de l'Académie sur le résultat de mes recherches ; d'autant mieux qu'il sera facile d'acquérir la conviction, en jetant les yeux sur les photographies que je soumets à l'Académie, que la mine est loin d'être épuisée, comme on le croit généralement.

» C'est sur la côte septentrionale (et non pas méridionale, comme l'écrit le géologue Robert) du golfe Esquifjördr, branche nord du Reydarfjördr, qu'est situé le gisement. Son altitude exacte est de 95^{m} au-dessus du niveau de la mer.

» La masse visible, qui traverse un basalte altéré, a une direction nord-est et plonge de 25° au nord-ouest. Elle a 15^m de long sur une largeur moyenne de 3^m, tandis que l'épaisseur varie entre 2^m et 3^m.

» Les salbandes sont d'ordinaire tapissées de magnifiques zones de stilbite cristallisée.

» Les cristaux de spath limpide et utilisable pour l'optique, que j'ai pu extraire en assez grande abondance, sont disséminés tantôt au milieu du spath fissuré, tantôt au milieu du basalte altéré. La géode n'a jamais été attaquée qu'en un seul point.

» On aperçoit sur les photographies la masse calcaire et la cavité d'exploitation.

» Au mois de mai 1887, je pus pénétrer dans cette cavité, grâce à la congélation de l'eau qui en rend habituellement l'accès impossible, et voir que la masse se ramifiait en s'enfonçant dans la roche environnante. Ces *ramifications* n'ayant jamais été *attaquées*, il est extrêmement probable que des recherches conduites avec soin permettraient de donner à l'exploitation une importance plus considérable.

» Le gîte est actuellement concédé à un négociant islandais, M. Carl Tulinius, qui se contente de vendre au jour le jour le spath abattu, sans poursuivre aucun travail d'exploitation régulière. »

M. J. **Delauney**, dans une Lettre adressée de Saïgon, informe M. Daubrée qu'une météorite vient de tomber non loin de Tayninh, dans le village de Thanh-Duc, situé à 125^{km} environ de Saïgon. Cette météorite est, dit-on, de dimensions exceptionnellement grandes. M. Delauney s'est empressé de se rendre sur les lieux, et cherchera à l'extraire de la cavité où elle s'est enfouie en tombant sur le sol.

M. **Daubrée** présente le Tome VI des *Anales de Construcciones civiles y de Minas del Peru*, que publie l'École des Ingénieurs de Lima, par les soins de son directeur M. Habich, bien connu de l'Académie.

« Parmi les quatre Mémoires que contient ce Volume, imprimé en langue espagnole, on peut citer le Mémoire sur l'industrie des mines dans le district minier de Yauli, qui est essentiellement argentifère et dont les roches encaissantes se rapprochent, d'après l'auteur M. P.-F. Remy, de celles du célèbre gisement de Comstock, aux États-Unis.

» Le Mémoire sur les mines d'or du Pérou, par M. le professeur D. Antonio Raimondi, fait connaître les circonstances dans lesquelles se pré-

sente ce métal dans quinze départements. Les nombreux filons d'or du Pérou, dont la richesse est devenue autrefois proverbiale, mais dont l'exploitation est aujourd'hui beaucoup réduite par suite de circonstances diverses, traversent non seulement les roches cristallines, granitiques et syénitiques de la côte, mais aussi les terrains sédimentaires, y compris les roches métamorphiques, telles que les quartzites. Comme d'ordinaire, ces filons sont essentiellement quartzeux. Dans ceux du premier gisement, l'or est accompagné d'oligiste compact ou micacé, ou de limonite et d'une substance talqueuse. Dans les autres gisements, il est associé à de la pyrite et à d'autres sulfures métalliques plus ou moins argentifères, comme la chalkopyrite, la panabase, la bournonite, la jamesonite et la galène. L'or se présente en outre, de toutes parts, dans des dépôts d'alluvions, anciens et modernes. Une Notice sur les filons argentifères de Hualtanca, par M. Juan Torrico, mérite également d'être mentionnée.

» Ce Volume apporte une nouvelle preuve de la persévérance et de l'activité avec laquelle les professeurs de l'École et les ingénieurs du Pérou continuent à explorer les richesses minérales de la contrée remarquable qu'ils habitent. »

A 3 heures trois quarts, l'Académie se forme en Comité secret.

COMITÉ SECRET.

La Section d'Économie rurale, par l'organe de M. *Schlœsing*, en l'absence de son Doyen M. Peligot, présente la liste suivante de candidats à la place laissée vacante par le décès de M. *Boussingault* :

En première ligne	M. **Aimé Girard**.
En seconde ligne, ex æquo *et par ordre alphabétique*.	M. **Chambrelent**. M. **Dehérain**. M. **Duclaux**. M. **Müntz**.

Les titres de ces candidats sont discutés.

L'élection aura lieu dans la première séance.

La séance est levée à 6 heures. J. B.